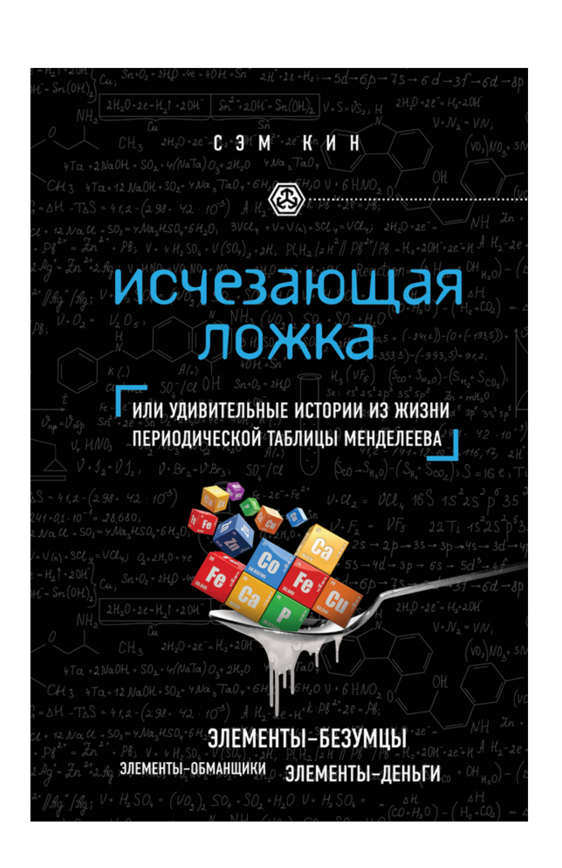

СЭМ КИН
ИСЧЕЗАЮЩАЯ ЛОЖКА
ИЛИ УДИВИТЕЛЬНЫЕ ИСТОРИИ ИЗ ЖИЗНИ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ТАБЛИЦЫ МЕНДЕЛЕЕВА
ЭЛЕМЕНТЫ-БЕЗУМЦЫ
ЭЛЕМЕНТЫ-ОБМАНЩИКИ
ЭЛЕМЕНТЫ-ДЕНЬГИ

Сэм Кин

Исчезающая ложка, или Удивительные истории из жизни периодической таблицы Менделеева

Серия «civilізация»

Текст предоставлен издательством
http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=12055908
Сэм Сэм. Исчезающая ложка, или Удивительные истории из жизни периодической таблицы Менделеева: Эксмо; Москва; 2015
ISBN 978-5-699-55823-0

Аннотация

«Исчезающая ложка, или Удивительные истории из жизни периодической таблицы Менделеева» посвящена одному из величайших достижений науки – Периодической системе химических элементов, удивительно сложному человеческому изобретению. Вы познакомитесь с историей элементов, окунетесь в мир химии и удивительных превращений, узнаете тайны науки, которые тщательно скрывались и оберегались. Для всех увлеченных и неравнодушных.

Содержание

Сэм Кин
Исчезающая ложка, или Удивительные истории из жизни периодической таблицы Менделеева

Sam Kean

The Disappearing Spoon: And Other True Tales of Madness, Love, and the History of the World from the Periodic Table of the Elements

Введение

В детстве (было это в начале 80-х) я любил болтать с полным ртом – там могла быть еда, инструменты дантиста, пузырьки, что угодно. Даже если никого рядом не было, я все равно так разговаривал. С этого увлечения и начался мой интерес к периодической системе элементов. Мне часто доводилось лежать в одиночестве с градусником под языком. Во втором и третьем классе я болел ангиной не меньше десяти раз, от нее целыми днями было больно глотать. Меня совершенно не смущало подолгу оставаться дома, где я мог лечиться ванильным мороженым и шоколадной подливкой. Кроме того, во время постельного режима у меня всегда был лишний шанс разбить старенький ртутный градусник.

Бывало, я лежал со стеклянной палочкой под языком и вдруг громко отвечал на воображаемый вопрос. Градусник выскальзывал у меня изо рта и разбивался о деревянный пол, капельки ртути начинали кататься по доскам, как шарики из крошечных подшипников. В мгновение ока прибегала мама и, несмотря на свой артрит, быстро нагибалась и начинала сгонять шарики в кучу, как барашков. Она ловко орудовала зубочисткой как маленькой клюшкой, собирая капельки так близко, что они почти касались друг друга. Вдруг, после очередного толчка одна капелька поглощала другую. Получался один ровный шарик, подрагивавший там, где только что было два. Мама повторяла этот фокус снова и снова, по всему полу, пока вся жидкость не сливалась в одну серебристую лужицу.

После того как вся ртуть была собрана, мама брала пустой пластмассовый пузырек из-под таблеток (этот пузырек с зеленой этикеткой всегда стоял у нас на кухне, на полке для безделушек, между голубой керамической кружкой – памятью о семейной встрече в 1985 году – и плюшевым мишкой с удочкой). Мама загоняла шарик на конверт, а потом до капли доливала содержимое последнего погибшего градусника к уже покоившейся в сосуде ртути – блестящий шарик в бутылочке уже достиг размеров ореха-пекана.

Иногда, прежде чем поставить пузырек на место, мама наливала ртуть в колпачок и давала нам с братьями полюбоваться, как в нем катается волшебный металл, так легко рассыпающийся и сливающийся воедино. Я искренне сочувствовал тем детям, чьи матери настолько боялись ртути, что даже не давали им есть тунца[1]. Средневековые алхимики, несмотря на свою жажду золота, считали ртуть самым могучим и романтическим веществом во Вселенной. В детстве я совершенно их понимал. Я даже готов был вслед за ними поверить, что ртуть не вписывается в прозаические природные категории – она одновременно является твердым телом и жидкостью, металлом и водой, частичкой рая и ада; что в ней живут потусторонние духи.

Позже я узнал, что ртуть имеет такие свойства именно потому, что является химическим элементом. В отличие от воды (H_2O) или углекислого газа (CO_2) и абсолютного большинства тех веществ, с которыми нам приходится сталкиваться в жизни, ртуть нельзя разложить на более простые составляющие. На самом деле, ртуть – один из самых высокомерных элементов. Ее атомы предпочитают дружить только с другими атомами ртути, сводя к минимуму контакты с окружающим миром. Поэтому ртуть и собирается в шарики. Большинство жидкостей, которые мне доводилось разливать в детстве, вели себя иначе. Вода разливалась повсюду, ровно то же происходило с растительным маслом, уксусом и растаявшим желе. Ртуть никогда не оставляла пятен. Родители всегда заставляли меня носить тапки после того, как случалось разбить градусник, чтобы мельчайшие осколки стекла не вонзились мне в ноги. Но не помню, чтобы меня пугали разлитой ртутью.

[1] Существует мнение, что мясо тунца содержит опасные дозы ртути. – *Прим. пер.*

Долгое время я интересовался восьмидесятым элементом в школе, искал о нем упоминания в книгах, как другие следят, не упоминают ли их знакомого в газетах. Я вырос на Великих Равнинах. На уроках истории нам рассказывали, как Льюис и Кларк[2] прошли через Южную Дакоту и остальную территорию Французской Луизианы, захватив с собой микроскоп, компасы, секстанты, три ртутных термометра и другие инструменты. Но тогда я не знал, что они взяли с собой еще и шестьсот ртутных слабительных пилюль, каждая вчетверо больше всем знакомой таблетки аспирина. Это лекарство называлось «Желчные пилюли доктор Раша» – по имени Бенджамина Раша, одного из участников подписания Декларации независимости США и врача-героя, отважно работавшего в Филадельфии во время эпидемии желтой лихорадки, разразившейся в 1793 году. Его любимым лекарством от всех болезней была кашица из хлорида ртути, принимаемая перорально. Несмотря на тот прогресс, который произошел в медицине в период с 1400 по 1800 год, врачи в ту эпоху оставались скорее знахарями, чем медиками. Руководствуясь своеобразной симпатической магией (магией подобия), лекари предполагали, что прекрасная и заманчивая ртуть может исцелять страждущих, проводя их через жестокий кризис – яд

уничтожает яд. Доктор Раш потчевал пациентов своим раствором, пока они не начинали исходить слюной, через недели и месяцы такого лечения у людей часто выпадали волосы и зубы. Несомненно, снадобье мистера Раша травило или просто убивало тех, кого пощадила желтая лихорадка. Тем не менее, поднаторев в таком лечении в Филадельфии, Раш снабдил этим лекарством Льюиса и Кларка. Ртутные пилюли обладали побочным слабительным эффектом, благодаря которому современные археологи могут с легкостью находить те места, где разбивали лагеря эти первопроходцы. Учитывая, какой дрянной пищей и грязной водой им приходилось довольствоваться в пути, все участники отряда то и дело имели проблемы с желудком. Во многих местах на пути экспедиции образовались небольшие скопления ртути – вероятно, как раз там, где исследователи устраивали отхожие места. Пожалуй, иногда лекарство доктора Раша срабатывало слишком уж хорошо.

Ртуть оказалась и в кабинете естествознания. Когда я впервые увидел кавардак элементов в периодической таблице, я не нашел там ртуть. Но она там есть – между плотным и мягким золотом и таллием, который, кстати, тоже ядовит. Символ ртути – Hg – состоит из двух букв, которых, казалось бы, и близко нет в ее названии. Все дело в том, что эти буквы – из латинского названия, *hydrargyrum,* которое переводится как «вода-серебро». Этот факт помог мне понять, как очень древние языки и мифология повлияли на формирование периодической системы. Некоторые следы мифологии вы можете заметить и в названиях самых новых, сверхтяжелых элементов, расположенных в нижнем ряду таблицы.

Для ртути нашлось место и в кабинете литературы. Когда-то шляпники использовали ярко-оранжевый ртутный раствор для отделения меха от шкуры. И эти мастера, вынужденные вдыхать пары ртути, постепенно начинали походить на Безумного Шляпника из «Алисы в Стране чудес» – теряя и волосы, и разум. Наконец, я осознал, насколько ядовита ртуть; наверное, именно из-за ее токсичности пилюли доктора Раша прочищали кишки так хорошо. Ведь организм пытается избавиться от любых ядов, в том числе, от ртути. Но как ни вредно глотать ртуть, ее пары еще токсичнее. Они истрепывают «проводки» нашей центральной нервной системы и прожигают дыры в мозгу, подобно прогрессирующей болезни Альцгеймера.

Но чем яснее я представлял себе опасность ртути, тем сильнее привлекала меня ее разрушительная красота. Помните «Тигра светло горящего»[3] Уильяма Блейка? Шли годы,

[2] Экспедиция Льюиса и Кларка состоялась в 1803–1806 годах, это была первая сухопутная экспедиция по нынешней территории США от атлантического до тихоокеанского побережья и обратно. – *Прим. пер.*

[3] Стихотворение знаменитого английского поэта Блейка (1757–1827), начинающееся в оригинале словами «Tyger! Tyger! Burning bright», неоднократно переводившееся на русский язык. – *Прим. пер.*

родители обновили кухню и убрали полку с кружкой и медвежонком, но сложили все эти безделушки в картонную коробку. В один из последних визитов домой я докопался до бутылочки из-под таблеток и открыл ее. Покачивая пузырек, я ощущал, как в нем перекатывается тяжелая жидкость. Заглянув через край, я не мог оторвать глаз от маленьких капель, расплескавшихся по стенкам. Они просто лежали там, искрясь, как совершенные водяные шарики, которые можно встретить только в фантазиях. Все детство разлитая ртуть стойко ассоциировалась у меня с жаром. Но на этот раз, представляя, что кроется за ужасной симметрией этих крошечных сфер, я ощутил озноб.

* * *

Интересуясь этим элементом, я познакомился с его историей, этимологией, ролью в алхимии, литературе, криминалистике и психологии. Но я собрал и много других историй о химических элементах – особенно хорошо эта коллекция пополнялась в годы обучения в колледже. Там я занимался исследованиями, а также познакомился с несколькими любезными профессорами, которые охотно отвлекались от работы, чтобы немного поболтать о науке.

В колледже я выбрал физику в качестве профильного предмета, но постоянно мечтал поскорее вырваться из лаборатории и вновь взяться за перо. Я чувствовал себя жалким среди одноклассников, одаренных молодых ученых, которые обожали метод проб и ошибок – мне же это было не дано. Я застрял в Миннесоте на пять унылых лет и получил диплом с отличием по физике. Но, несмотря на то что я провел в лаборатории сотни часов, зазубрил тысячи уравнений, начертил десятки тысяч схем с блоками и наклонными съездами без учета трения, истинное образование я приобрел в беседах с профессорами. Они рассказали мне о Ганди, и о Годзилле, и об ученом-евгенике, который попытался украсть Нобелевскую премию при помощи германия. О том, как куски металлического натрия бросают в реку, где они взрываются и глушат рыбу. О людях, блаженно задыхающихся азотом в космических шаттлах. О бывшем профессоре из нашего кампуса, который экспериментировал с кардиостимулятором, питающимся от плутония, вставленным в его *собственную грудь*. Профессор ускорял и замедлял аппарат, манипулируя огромными электромагнитными катушками.

Я накрепко запомнил все эти истории. А недавно, вспомнив о ртути за завтраком, я осознал, что почти со всеми элементами из периодической системы связана какая-нибудь смешная, или странная, или страшная история. В то же время таблица Менделеева – одно из величайших интеллектуальных достижений человеческого рода. Это одновременно и научный шедевр, и сборник рассказов. Я написал эту книгу, чтобы тщательно отобразить все ее слои – как рисунки на кальке в учебнике по анатомии. Все эти рисунки рассказывают одну и ту же историю, но делают ее «срезы» на разной глубине. В простейшем смысле периодическая система – это каталог всех элементов, встречающихся в нашей Вселенной. В таблице сто с небольшим символов, обладающих яркими индивидуальностями. Из этих элементов состоит все, что мы видим и что нас окружает. Таблица построена так, что ученый-химик легко улавливает взаимосвязи между

различными элементами, может объединить их в семейства. Если рассмотреть таблицу на более сложном уровне, то можно увидеть, что в ней закодирована информация о происхождении каждого атома, а также о том, в какие атомы он может превращаться, на какие элементы распадаться. Эти атомы естественным образом объединяются в динамические системы, включая живые существа. Периодическая система позволяет прогнозировать, какие связи будет образовывать тот или иной атом. В таблице даже угадываются «коридоры» гнусных элементов, наносящих вред живым существам. Порой эти элементы бывают и смертельно ядовиты.

Наконец, периодическая система – это удивительное человеческое достижение, артефакт, отражающий чудесные, коварные и порочные грани человеческого существа. Таблица позволяет понять, как мы взаимодействуем с окружающим миром. История нашего вида записана в виде компактного и красивого либретто. Все эти уровни заслуживают специального изучения, от простого к сложному. Сюжеты из периодической таблицы не только станут для вас увлекательным чтением, но и помогут понять такие вещи, о которых никогда не пишут в учебниках и лабораторных пособиях. Мы едим химические элементы и дышим ими; люди ставят на них и проигрывают огромные суммы; философы обращаются к элементам, задумываясь о значении науки. Элементы отравляют людей и порождают войны. Между водородом в левом верхнем углу и искусственно синтезированными эфемерными веществами, занимающими нижние ряды, вы найдете пузыри, бомбы, деньги, алхимию, политические игры, историю, яды, преступления и любовь. А также немного науки.

Здесь и далее концевыми сносками обозначены примечания автора, в которых он подчеркивает некоторые интересные моменты.

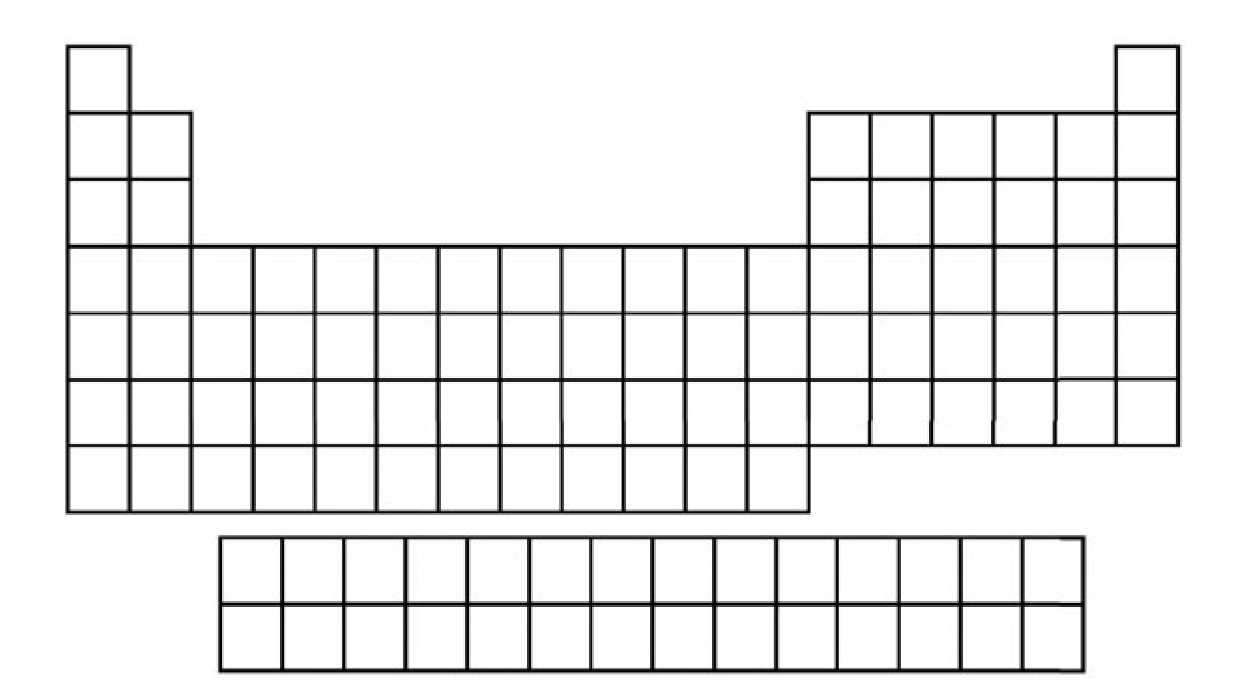
Часть I. Положение: столбец за столбцом, ряд за рядом

1. Прописка – это судьба

Услышав выражение «таблица Менделеева», большинство читателей вспомнит большую схему, которая висит в кабинете химии. Это асимметричное собрание рядов и столбцов, которые словно выглядывают из-за плеч учителя. Обычно таблица огромная, метра два в ширину. Она одновременно и подавляет вас, и кажется величественной, подчеркивая важность химии. Вы знакомитесь с ней уже в сентябре, и она остается незаменимой до самого конца мая. Кстати, это единственное наглядное пособие, которым можно пользоваться на экзамене – когда в вашем распоряжении нет ни конспектов, ни учебников. Разумеется, когда-то периодическая система могла вас и раздражать, не в последнюю очередь потому, что многим она нисколечко ни помогает, хоть и висит у всех на виду как гигантская и абсолютно легальная шпаргалка.

С одной стороны, периодическая система кажется организованной и безукоризненной – практически идеальный образец научной схемы. С другой стороны, это такой паноптикум длинных чисел, аббревиатур и каких-то последовательностей, напоминающих компьютерные сообщения об ошибках ($[Xe]6s^2 4f^1 5d^1$), что порой сложно обозревать таблицу без досады. И хотя таблица, несомненно, связана с другими науками, в частности с биологией и физикой, эта связь не всем понятна с первого взгляда. Вероятно, главным разочарованием для большинства учеников было то, что многие люди ***действительно понимали*** таблицу, знали, как она работает, запросто выуживали из нее разнообразные факты. Наверное, такое же раздражение одолевает дальтоников, на глазах у которых дети с нормальным зрением находят семерки и девятки в цветной головоломке. Речь о важной, но неочевидной информации, которая так никогда и не складывается в цельную картину. Многие вспоминают о таблице со смешанным чувством увлеченности, пристрастия, неполноценности и брезгливости.

Прежде чем познакомить класс с периодической системой, каждый учитель химии должен убрать из нее всю информацию и показать школьникам пустую сетку.



На что она похожа? На какой-то замок с неровными стенами – как будто королевские каменщики немного не достроили левую сторону. С обеих сторон возвышаются высокие оборонительные бастионы. В таблице восемнадцать зубчатых столбцов и семь горизонтальных рядов. Снизу примостилась полоса из двух дополнительных рядов. Стена замка сложена из «кирпичей», и в этом кроется первое неочевидное свойство таблицы – каждый «кирпичик» может стоять только на своем месте.

Каждая клетка содержит один *элемент*, тип простого вещества. В настоящее время таблица состоит из 112 элементов, существование еще нескольких предстоит подтвердить[4]. Весь замок развалится, если неправильно поставить хотя бы один кирпичик. Это не преувеличение: если ученые придут к выводу, что какой-то элемент должен находиться в другой клетке или что два элемента можно поменять местами, то вся стройная система разрушится.

Еще одна архитектурная особенность замка заключается в том, что в разных частях его стен сосредоточены разные материалы. Таким образом, все кирпичи состоят из разных веществ, и у каждого элемента – свои уникальные характеристики. Семьдесят пять процентов элементов являются металлами, поэтому почти все они – сероватые холодные твердые вещества, по крайней мере при обычной температуре. В нескольких столбцах в «восточной части» стены содержатся газы. Всего два элемента – ртуть и бром – при комнатной температуре являются жидкостями. Между металлами и газами (если представить, что таблица Менделеева – это карта США, то этот регион окажется примерно на месте штата Кентукки) находится несколько сложно классифицируемых элементов. Они имеют аморфную структуру, благодаря чему могут образовывать чрезвычайно активные кислоты – в миллиарды раз более сильные, чем те вещества, которые обычно хранятся на складе реагентов. Вообще, если бы каждый кирпичик состоял именно из того вещества, которое он обозначает, то химический замок был бы химерой с включениями и флигелями из самых разных времен. Можно сказать, что таблица напоминает здание в стиле Даниэля Либескинда, в котором, казалось бы, несовместимые материалы сплетены в элегантное целое.

Чертежи для стен нашего замка создавались так долго именно потому, что с координатами элемента в таблице связана практически вся интересная научная информация о нем.

[4] На момент выхода книги известно уже не менее 116 элементов. – *Прим. пер.*

Прописка каждого элемента фактически определяет его судьбу. Теперь, когда вы примерно представляете, как построена периодическая таблица, я могу перейти к более дельной метафоре: предположим, что таблица – это карта. Чтобы поближе познакомить вас с нею, давайте начертим эту карту в направлении с востока на запад. По пути поговорим как о самых известных, так и о менее популярных элементах.

Начнем с восемнадцатого столбца, крайнего справа. В нем расположены благородные (инертные) газы. «Благородный» – немного старомодное слово, которое ассоциируется скорее с этикой и психологией, чем с химией. Действительно, термин «благородные газы» зародился в колыбели западной философии – Древней Греции. Именно в Греции жил Платон, впервые предложивший термин «элемент» (по-гречески – *«стойхейя»).* Это слово он использовал как общее название для мельчайших частиц материи. Он опирался на идеи древнегреческих философов Левкиппа и Демокрита, впервые развивших концепцию атома. Платон покинул Афины около 400 года до н. э. – после того как ушел из жизни его наставник Сократ, оставаться в городе Платону было небезопасно. Затем он долгое время странствовал и писал философские труды. Разумеется, Платон не знал, что такое «элемент» с химической точки зрения. Но если бы он об этом знал, то ему, несомненно, больше всего понравились бы элементы с «восточного края» таблицы – особенно гелий.

В своем диалоге «Пир», произведении о любви и страсти, Платон заявляет, что каждое существо стремится найти свою недостающую половинку. Если говорить о людях, то это стремление выражается в виде страстей и плотской любви – а также всех забот, с ними связанных. Кроме того, во всех своих диалогах Платон подчеркивал, что абстрактные и неизменные сущности по природе своей более благородны, чем те субстанции, которые перемешиваются друг с другом и взаимодействуют с грубой материей. Вероятно, именно поэтому он и обожал геометрию с ее идеализированными окружностями и кубами – объектами, которые существуют только в нашем разуме. Применительно к нематематическим объектам Платон развил теорию «форм», в соответствии с которой все предметы являются «тенями» того или иного идеального типа. Например, все деревья – это несовершенные «модели» идеального дерева, к безупречной «древесности» коего они тяготеют. То же можно сказать о рыбах и «рыбости» и даже о чашах и «чашести». Платон верил, что эти идеальные формы – не чисто умозрительные конструкты, а действительно существуют в реальности, пусть они и парят где-то в «эмпиреях», недоступных для обыденного человеческого восприятия. Сложно себе представить степень его изумления, если бы он узнал, что через много веков ученые будут создавать идеальные формы из гелия.

В 1911 году голландско-немецкий ученый остужал ртуть в жидком гелии. Он обнаружил, что при температуре ниже -268 °C эта система утрачивает электрическое сопротивление и становится идеальным проводником. На самом деле, это поразительное явление – представьте себе, что вы замораживаете до такой температуры iPod и обнаруживаете, что батарея совершенно перестает разряжаться, независимо от того, с какой громкостью и как долго вы включаете на нем музыку. Чудо продолжается до тех пор, пока жидкий гелий поддерживает в микросхемах нужную температуру. Русско-канадская группа ученых в 1937 году сотворила с гелием еще более поразительную вещь.

Оказалось, что при температуре около -270 °C гелий приобретает свойство сверхтекучести: становится жидкостью с нулевой вязкостью и нулевым гидравлическим сопротивлением, то есть идеально текучей жидкостью. Сверхтекучий гелий не подчиняется силе тяжести, течет вверх и перетекает через стены. На тот момент эти открытия были ошеломляющими. Ученые иногда хитрят и считают, что при таких процессах трение становится нулевым, но делается это лишь для упрощения расчетов. Даже Платон не мог предположить, что кто-то когда-то обнаружит одну из его идеальных форм.

Кроме того, гелий – самый яркий пример «элементарного» вещества. Этот газ нельзя расщепить или как-либо изменить обычными химическими методами. Для того чтобы осознать, что же такое «химический элемент», ученым потребовалось около 2200 лет – поиск начался примерно в 400 году до н. э. в Древней Греции и завершился к 1800 году в Европе. Дело в том, что большинство элементов очень редко встречаются в чистом виде. Сложно было понять, что делает углерод *углеродом,* так как этот элемент встречается в виде тысяч соединений, каждое из которых обладает особенными свойствами. Сегодня мы знаем, что, например, углекислый газ – не элемент, так как каждая молекула этого газа состоит из атомов углерода и кислорода. Но углерод и кислород *являются* элементами, так как их нельзя разложить на более простые составляющие, не разрушив атомы. Возвращаясь к теме диалога «Пир» и к теории Платона о страстной тяге к недостающей половинке, отметим, что практически все элементы «тяготеют» к атомам других элементов, с которыми они «стремятся» образовать соединения. Эти соединения «маскируют» истинную сущность элементов. Даже самые чистые элементы, например молекулярный кислород (O_2), содержащийся в воздухе, в природе чаще всего встречаются в соединениях. Но ученые могли бы гораздо раньше догадаться о том, что же такое «элемент», если бы обнаружили гелий, который не реагирует ни с одним другим веществом и всегда является чистым элементом[5].

Такие свойства гелия неслучайны. Во всех атомах содержатся отрицательно заряженные частицы, называемые электронами, которые расположены в атоме в разных «слоях», по-научному называемых энергетическими уровнями. Эти уровни являются концентрически вложенными друг в друга. На каждом уровне для заполнения и достижения равновесия требуется определенное количество электронов. На самом глубоком уровне может быть максимум два электрона. На большинстве других уровней может находиться до восьми электронов. Как правило, в атоме элемента содержится равное количество отрицательно заряженных электронов (на энергетических уровнях) и положительно заряженных протонов (в ядре). Таким образом, атом электрически нейтрален. Атомы могут свободно обмениваться электронами. Если атом приобретает лишние электроны или испытывает в них недостачу, то он становится ионом.

Важно понимать, что все атомы всегда заполняют самые глубокие энергетические уровни собственными электронами, насколько это возможно, частично «оголяя» из-за этого внешний уровень. После этого они отдают свои внешние электроны, делятся ими или «крадут» недостающие, чтобы внешний энергетический уровень был полон. Некоторые элементы обмениваются электронами очень «дипломатично», тогда как другие проявляют в этом крайнюю несдержанность. Половина химической науки заключена в следующей фразе: атомы, у которых есть пробелы во внешнем энергетическом уровне, будут драться, обмениваться, клянчить, заключать союзы и разрывать их ради одной цели – собрать полный комплект электронов на внешнем уровне.

Гелий – элемент № 2. У него есть два электрона, именно столько требуется ему для заполнения своего единственного энергетического уровня. Благодаря такой «закрытой» конфигурации гелий является поразительно независимым веществом. Ему не приходится взаимодействовать с другими атомами, делиться электронами или воровать их, он всегда целый. Можно сказать, что гелий гармоничен сам по себе. Более того, подобная конфигурация

---

[5] Впервые о существовании гелия сообщили двое ученых, увидевшие во время солнечного затмения 1868 года в спектроскопе неизвестную линию, расположенную в желтой части спектра. Поэтому элемент и получил такое название – от греческого слова «Гелиос», означающего «Солнце». На Земле гелий удалось получить в чистом виде лишь в 1895 году путем тщательного выделения этого газа из горных пород. Подробнее об этом рассказано в главе 17. В течение последующих восьми лет считалось, что гелий встречается на Земле лишь в следовых количествах, пока в 1903 году шахтеры не нашли в Канзасе огромный подземный «резервуар» с гелием. Они попытались поджечь газ, выдувая его из шахты на поверхность, но он не воспламенялся.

наблюдается во всем восемнадцатом столбце под гелием – у газов неона, аргона, криптона, ксенона и аргона. У всех этих элементов внешние оболочки «закрыты», на них красуется полный комплект электронов. Поэтому ни один благородный газ не реагирует с другими элементами при нормальных условиях. Вот почему, несмотря на исключительно упорные попытки обнаружить и назвать эти элементы (попытки предпринимались на протяжении всего XIX века), восемнадцатый столбец пустовал вплоть до 1895 года. Такая отрешенность от мирской суеты, роднящая благородные газы с идеальными окружностями и треугольниками, несомненно, очаровала бы Платона. Именно с очарованием можно сравнить чувства ученых, обнаруживших гелий и его собратьев на Земле, – неудивительно, что эти газы были названы «благородными». Можно выразить эту идею и на языке Платона: «Он, обожающий все совершенное и вечное и презирающий тленное и мирское, несомненно, предпочел бы благородные газы всем другим элементам. Ведь благородные газы никогда не изменяют себе, не колеблются, не потакают другим элементам – не то что плебеи, торгующие всякой всячиной на рынке. Эти газы непогрешимы и идеальны».

Но инертность, свойственная благородным газам, в мире элементов встречается редко. На один столбец влево от благородных газов находятся самые реактивные и энергичные вещества периодической таблицы – галогены. А если мы представим периодическую систему в виде глобуса (такую карту называют проекцией Меркатора), то запад и восток сомкнутся, и рядом с инертными газами окажутся самые активные металлы с крайнего запада, из первого столбца таблицы. Они называются «щелочными». Уравновешенные благородные газы образуют своеобразную «демилитаризованную зону», а по обе стороны от них гнездятся нестабильные соседи.

В некоторых отношениях щелочные металлы напоминают обычные, но, в отличие от большинства металлов, они не ржавеют и не корродируют, а спонтанно взрываются в воздухе или в воде. Щелочные металлы очень легко образуют соединения с галогенами. На внешнем энергетическом уровне в атомах всех галогенов содержится по семь электронов, то есть недостает всего одного электрона до полного октета. У щелочных металлов на внешнем энергетическом уровне всего один электрон, а под ним – полный октет[6]. Поэтому совершенно естественно, что щелочные металлы легко отдают свой единственный внешний электрон галогенам, а между образующимися в результате ионами – положительным и отрицательным – возникает сильная химическая связь.

Подобные связи образуются все время, а электроны являются важнейшими компонентами атома. Они занимают почти все пространство в атоме, вращаясь, подобно облакам, вокруг компактного центра атома – ядра. Такое неравномерное распределение элементарных частиц сохраняется даже несмотря на то, что частицы ядра – протоны и нейтроны – гораздо массивнее электронов. Если увеличить атом до размеров стадиона, то ядро, состоящее из протонов и нейтронов, можно будет сравнить с теннисным мячом на пятидесятиярдовой отметке[7]. Электроны стали бы похожи на булавочные головки, молниеносно проносящиеся вокруг ядра. Но они летали бы так быстро и врезались в вас настолько часто, что вы просто не смогли бы попасть на стадион: облака электронов преградили бы вам путь, как непроницаемая стена. Таким образом, при столкновении двух атомов их ядра не соприкасаются; происходит лишь обмен электронами[8].

---

[6] За исключением атома лития, в котором три электрона, то есть в его случае речь идет не об октете, а о паре. – *Прим. пер.*

[7] Имеется в виду разметка на поле для американского футбола. – *Прим. пер.*

[8] Чтобы подчеркнуть тот факт, что бóльшая часть атома – это пустое пространство, Алан Блэкмен, химик из новозеландского университета Отаго, привел в своей статье (она вышла 28 января 2008 года в газете *Otago Daily Times*) следующую метафору: «Возьмем элемент с самой большой плотностью, иридий. Шарик из этого металла размером с теннисный мяч весит больше 3 килограммов. Предположим, что каким-то образом нам удалось максимально плотно уложить ядра иридия, практически не оставив между ними свободного пространства. В таком случае образец этого вещества размером с

Маленькая оговорка: не стоит буквально понимать модель, в которой маленькие электроны на огромной скорости проносятся вокруг плотного ядра. Точнее, электроны не похожи на маленькие планеты, вращающиеся вокруг огромного ядра (Солнца). Аналогия с планетарной системой хороша, но, как и любой аналогией, не увлекайтесь ею. Многие известные ученые убедились в неверности этой аналогии на собственном горьком опыте.

Ионные связи объясняют, почему легко образуются химические соединения между галогенами и щелочными металлами, например хлорид натрия (поваренная соль). Не менее активно связываются и атомы таких элементов, у которых есть два лишних электрона (например, кальций) и которым недостает двух электронов (кислород). Для них это простейший способ «удовлетворить взаимные нужды». Соединения между элементами, не относящимися к «взаимно противоположным» столбцам, образуются по схожим принципам. Два иона натрия (Na^{+}) соединяются с одним ионом кислорода (O^{2}), образуя оксид натрия (Na_2O). В соответствии с этими же законами образуется хлорид кальция ($CaCl_2$). В принципе, можно довольно точно угадать, какую формулу будет иметь соединение двух элементов, если проверить номера столбцов, откуда взяты эти элементы, и узнать их заряды. Эти принципы отлично сочетаются с двусторонней симметрией таблицы.

К сожалению, не все в периодической системе так просто и гладко. Для некоторых элементов характерен такой нонконформизм, что о них стоит поговорить отдельно.

* * *

Есть один старый анекдот о лаборанте, который ни свет ни заря врывается в кабинет к профессору, страшно воодушевленный, несмотря на то что целую ночь провел за работой. Он держит в руке закупоренную колбу с шипящей пузырящейся зеленой жидкостью и восклицает: «Я открыл универсальный растворитель!» А профессор многозначительно смотрит на склянку и спрашивает: «А что это за универсальный растворитель?» Лаборант с жаром произносит: «Это кислота, разлагающая любые вещества!»

Профессор еще мгновение осмысливает эту поразительную новость – ведь универсальный растворитель не только станет научным чудом, он еще и озолотит обоих химиков, – а потом спрашивает: «А как вам удалось принести его в стеклянном сосуде?»

Замечательная концовка, так и представляю себе ехидно ухмыляющегося Гилберта Льюиса. Электроны – это движущая сила периодической системы, и именно Льюис проделал огромную работу, пролившую свет на то, как электроны взаимодействуют и образуют межатомные связи. Работы Льюиса, связанные с природой электронов, особенно много значили для изучения кислот и оснований, поэтому он по достоинству оценил бы абсурдное заявление лаборанта. Возможно, соль этого анекдота напомнила бы Льюису, как недолговечна может быть научная слава.

Льюис вырос в Небраске, в зрелости ему довелось немало попутешествовать. Около 1900 года он учился в колледже и университете в Массачусетсе, потом продолжил образование в Германии, под руководством Вальтера Нернста. Обучение у Нернста оказалось таким тяжким, как по объективным, так и по субъективным причинам, что Льюис выдержал в Германии всего несколько месяцев, а потом вернулся в Массачусетс и поступил на академическую работу. Эта деятельность ему также не пришлась по душе, поэтому вскоре он отправился на Филиппины, незадолго до того перешедшие под контроль США, и стал

теннисный мяч весил бы умопомрачительные 7 триллионов тонн».В качестве сноски к этой сноске необходимо отметить: ученые не уверены, что иридий является самым тяжелым элементом. Его плотность практически равна плотности осмия, в последние несколько десятилетий пальма первенства несколько раз переходила от одного элемента к другому. В настоящее время наиболее плотным металлом считается осмий.

работать на американское правительство. С собой он захватил всего одну книгу – «Теоретическую химию» Нернста. На Филиппинах Льюис годами выискивал у Нернста самые мелкие ошибки и с настоящей одержимостью публиковал статьи с их опровержениями[9].

Через какое-то время Льюис истосковался по дому и перебрался в Калифорнийский университет в городе Беркли. Там он сорок лет проработал на химическом факультете, превратив его в лучший в мире. Подобная фраза напоминает счастливый конец истории, но до конца еще далеко. Один из самых замечательных фактов из жизни Льюиса заключается в том, что он, вероятно, был величайшим из ученых, так и не получивших Нобелевскую премию. Никто не номинировался на Нобелевскую премию чаще, но неприкрытые амбиции и бесконечные дискуссии, которые Льюис вел по всему миру, лишили его шансов на достаточное количество голосов. Вскоре он начал отказываться от престижных должностей, выражая так свой протест (а возможно – и по принуждению) и превратился в глубокого научного отшельника.

Нобелевская премия не досталась Льюису не только из-за межличностных конфликтов, но и потому, что его исследования были обширными, но не слишком глубокими. Он не открыл ни одной удивительной вещи, такой, узнав о которой вы скажете «Ух ты!». Нет, он провел всю жизнь за уточнением того, как электроны из атомов взаимодействуют в различных средах. Особенно интересовали Льюиса два типа молекул – кислоты и основания. Любые взаимодействия атомов, при которых они обмениваются электронами, называются химическими реакциями. В результате химической реакции могут образовываться или распадаться соединения. Кислотно-основные реакции представляют собой яркие и зачастую бурные примеры такого межатомного обмена. Работа Льюиса с кислотами и основаниями значила для науки не больше, чем любые другие исследования, связанные с изучением электронного обмена на субмикроскопическом уровне.

Примерно до 1890 года ученые пробовали кислоты и основания на вкус – языком или окунув в жидкость палец. Разумеется, это не самый безопасный метод, который к тому же не особенно точен. За несколько десятилетий удалось установить, что кислоты, в сущности, являются донорами протонов. Многие кислоты содержат водород. Это простейший элемент, в ядре которого присутствует всего один протон, а вокруг него вращается единственный электрон (вот такое маленькое ядро у водорода). При смешивании кислоты (возьмем, к примеру, соляную кислоту – HC1) с водой кислота расщепляется на ионы H^+ и Cl^-. Когда водород теряет единственный электрон, его ядро превращается в «голый» протон H^+. Слабые кислоты, например уксусная, отдают в раствор малое количество протонов. Сильные же кислоты, в частности серная, высвобождают множество протонов.

Льюис считал, что такое понимание кислоты является слишком ограниченным. Действительно, многие вещества проявляют кислотные свойства, но не содержат при этом водорода. Поэтому Льюис взглянул на проблему под иным ракурсом: он обратил внимание не на водород, отдающий электрон, а на хлор, захватывающий эту частицу. Соответственно, он представил кислоту не как донора протонов, а как акцептор электронов. Напротив, основания (к ним относятся такие вещества, как известь или щелок) по своим свойствам противоположны кислотам, и их можно считать донорами электронов. Эти определения не только более универсальны, но и основаны на свойствах электронов. Такая парадигма лучше сочетается с концепцией периодической таблицы, структура которой в значительной степени основана на электронных оболочках элементов.

---

[9] Портреты Льюиса и Нернста (а также многих других ученых, в частности Лайнуса Полинга и Фрица Габера) гораздо подробнее воссозданы в книге Патрика Коффи Cathedrals of Science: The Personalities and Rivalries That Made Modern Chemistry. Эта работа – образец личностного подхода к самой важной эпохе в истории современной химии, с 1890 по 1930 год.

Льюис сформулировал эту теорию еще в 1920-1930-х годах, но современные ученые продолжают развивать его идеи, создавая все более сильные кислоты. Сила кислоты определяется по pH-шкале. Чем меньше число pH, тем сильнее кислота. В 2005 году химик родом из Новой Зеландии синтезировал карборановую кислоту, основным элементом которой является бор.

Эта кислота имеет значение pH, равное -18. Для сравнения: вода имеет pH = 7, а соляная кислота в наших желудках – pH = 1. Но в соответствии с необычными правилами расчетов, действующими на шкале pH, снижение pH на одну единицу (например, с 4 до 3) соответствует увеличению силы кислоты в десять раз. Таким образом, если сравнить желудочный сок с pH = 1 и карборановую кислоту с pH = -18, оказывается, что карборановая кислота сильнее желудочного сока в десять миллиардов миллиардов раз. Примерно такое количество атомов потребуется, чтобы сделать из них нить от Земли до Луны.

Существуют еще более сильные кислоты, основным элементом которых является сурьма – элемент, который может похвастаться, пожалуй, самой красочной историей среди всех элементов периодической системы[10]. Навуходоносор, вавилонский царь, при котором в VI веке до н. э. были выращены знаменитые Висячие сады, приказал выкрасить стены своего дворца в желтый цвет, и для этого использовалась вредная сурьмяно-свинцовая смесь. Возможно, неслучайно его сын сошел с ума, стал спать на улице и есть траву, как бык. Примерно в ту же эпоху египтянки применяли другую форму сурьмы в качестве косметики – чтобы красить лицо и одновременно приобретать колдовскую силу, позволявшую наводить сглаз на врагов. Средневековые монахи – не говоря уж об Исааке Ньютоне – крайне интересовались «сексуальными» свойствами сурьмы. Они считали, что этот полуметалл двулик и напоминает гермафродита. Сурьмяные пилюли также были известны в качестве слабительного. В отличие от современных лекарств, эти жесткие таблетки не растворялись в кишечнике. Пилюли считались такими драгоценными, что люди даже рылись в своих экскрементах, извлекали из них таблетки и использовали их повторно. В некоторых крепких семьях такое слабительное передавалось от отца к сыну. Вероятно, именно поэтому сурьмой так интересовались медики, несмотря на ее токсичность. Возможно, Моцарт умер именно от передозировки сурьмы, которую принимал как лекарство от сильного жара.

Постепенно химики нашли сурьме лучшее применение. К 1970-м годам удалось выяснить, что способность сурьмы собирать вокруг себя элементы, активно захватывающие электроны, делает ее великолепным сырьем для синтеза специальных кислот. Результаты получились не менее ошеломляющими, чем сверхтекучесть гелия. При реакции пентафторида сурьмы SbF_5 с плавиковой кислотой HF получается вещество, имеющее pH = -31. Эта суперкислота в 100 тысяч миллиардов миллиардов раз агрессивнее желудочного сока и прожигает стекло, проникая через него так же легко, как вода через бумагу. Эту кислоту нельзя собрать в колбу, так как она ее сразу проест, а потом сожжет вам руку. Отвечу сразу на вопрос профессора: эту кислоту можно переносить в специальных емкостях с тефлоновым покрытием.

---

[10] Вот некоторые факты о сурьме.– Бóльшая часть сведений о роли сурьмы в алхимии происходит из книги «Триумфальная колесница сурьмы», написанной в 1604 году Иоганном Тёльде. Чтобы привлечь внимание к книге, Тёльде заявлял, что лишь перевел текст, написанный в 1450 году монахом Василием Валентином. Якобы Валентин, опасавшийся преследования за свои взгляды, спрятал этот текст в колонне в родном монастыре. Книга оставалась скрытой до тех пор, пока «чудесная молния» не расколола колонну уже во времена Тёльде, благодаря чему тот и обнаружил манускрипт.– Одни считали сурьму символом гермафродита, другие настаивали, что этот элемент – суть чистой женственности. Алхимический символ сурьмы (♀) стал общеизвестным символом женского начала.– В 1930-е годы в Китае власти одной бедной провинции решили обходиться тем, что имеют, и стали чеканить деньги из сурьмы – практически единственного природного сырья, встречавшегося в тех краях. Но сурьма мягкая, легко стирается и немного ядовита. Монеты из нее получаются плохие, и власти от них вскоре отказались. В 30-е годы такие монеты стоили доли цента, а сегодня расходятся среди коллекционеров за тысячи долларов.

Но все-таки это соединение сурьмы не является сильнейшей кислотой в мире. Сами по себе фторид сурьмы SbF_5 (акцептор электронов) и плавиковая кислота HF (донор протонов) довольно активны. Но прежде, чем они породят суперкислоту, требуется в определенном смысле «перемножить» их взаимодополняющие силы. Самой сильной «одиночной» кислотой является всё-таки карборановая кислота – соединение бора ($HCB_{11}Cl_{11}$).

На сегодняшний день карборановая кислота остается и наиболее парадоксальной: это одновременно и самая сильная, и самая ***не агрессивная*** кислота в мире. Чтобы было понятнее, напомню, что кислота распадается на положительно и отрицательно заряженные ионы. Карборановая кислота расщепляется на H^+ и сложную структуру из всех остальных атомов ($CB_{11}Cl_{11}$), напоминающую по форме клетку. Именно отрицательная часть (остаток) большинства кислот оказывает корродирующий и каустический эффект, в частности разъедает кожу. Но остаток карборановой кислоты является одной из самых стабильных молекул, синтезированных человеком. Атомы бора делятся электронами столь щедро, что молекула ведет себя почти как гелий и не отрывает электроны от других атомов. Поэтому привычной кислотной агрессии не наблюдается.

Итак, для чего же нужна карборановая кислота, если не для растворения стеклянных колб и не для прожигания банковских сейфов? Во-первых, она позволяет резко повысить октановое число бензина, во-вторых, улучшает усвоение витаминов. Но гораздо важнее ее роль в химической «амортизации». Многие химические реакции, в которых участвуют протоны, идут небыстро и с потерями. Они протекают в несколько этапов, а протоны разлетаются по раствору в ничтожные доли секунды, так что экспериментаторы не могут отследить, что же именно происходит. Но поскольку карборановая кислота так стабильна и неагрессивна, она сначала наполняет раствор протонами, а потом «фиксирует» молекулы в важных промежуточных состояниях. Карборан удерживает промежуточные соединения, словно на мягкой и надежной подушке. Напротив, сурьмяные суперкислоты такой амортизации практически не обеспечивают – они просто разрывают на куски те молекулы, которые интересуют ученых. Льюис был бы рад узнать об этой и других прикладных задачах, в основе которых лежат его исследования электронов и кислот. Возможно, это скрасило бы последние мрачные годы его жизни. Хотя в годы Первой мировой войны он работал на правительство, а до шестидесятилетнего возраста успел внести немалый вклад в химию, во время Второй мировой войны его не пригласили участвовать в Манхэттенском проекте[11]. Это сильно его уязвило, так как многие химики, которых он пригласил в Беркли, сыграли важную роль в создании атомной бомбы и стали национальными героями. Льюис же в годы войны не занимался ничем важным, коротая время за воспоминаниями и написанием печального бульварного романа о судьбе солдата. Он умер в одиночестве в своей лаборатории в 1946 году.

По общепринятому мнению, Льюиса погубили сигары – он выкуривал их по паре десятков в день в течение сорока с лишним лет и скончался от сердечного приступа. Но в тот вечер, когда его не стало, сложно было не заметить стоявший в лаборатории запах горького миндаля – признак цианистого газа. В ходе своих исследований Льюис работал с цианидами, возможно, он принял яд, предчувствуя остановку сердца. Опять же, несколькими часами ранее в свой последний день Льюис присутствовал на обеде – куда до этого идти отказывался – с более молодым, харизматичным химиком-соперником, который уже получил Нобелевскую премию и работал консультантом в Манхэттенском проекте. Некоторые коллеги подозревали, что увенчанный лаврами коллега мог сильно расстроить Льюиса. Если так, то химические знания Льюиса могли печальным образом прийтись кстати.

---

[11] Американская научная программа, направленная на создание атомного оружия. – *Прим. пер.*

Кроме исключительно активных металлов на западном крае таблицы и галогенов и благородных газов на ее восточном крае, на этой химической карте есть и «Великие равнины» – столбцы с третьего по двенадцатый, в которых находятся переходные металлы. Честно говоря, химия переходных металлов чрезвычайно разнообразна, поэтому им сложно дать какую-либо общую характеристику. Достаточно сказать: с ними нужно быть осторожными. Вы увидите, что тяжелые атомы переходных металлов имеют больше возможностей для распределения своих электронов. Как и другие элементы, они имеют разные электронные уровни (первый, второй, третий и т. д., считая от ядра), причем чем выше уровень, тем больше энергии в нем заключено. И эти металлы также стремятся захватывать электроны у других атомов, чтобы верхние электронные уровни содержали полные комплекты по восемь электронов. Но у переходных металлов сложнее определить, какой же уровень является внешним.

Если двигаться по таблице слева направо, то количество электронов у каждого следующего элемента на один больше, чем у его «западного» соседа. Так, у натрия, одиннадцатого элемента, как правило, 11 электронов, у магния – двенадцатого – 12 электронов и так далее. По мере укрупнения атомов электроны в них распределяются не только на различных электронных уровнях, но и на так называемых оболочках (подуровнях), имеющих разнообразные формы. Атомы по природе прозаичны и предсказуемы. Они заполняют и оболочки, и электронные уровни в одном и том же порядке – он прослеживается во всей таблице. Элементы, находящиеся на левом краю таблицы, размещают первый электрон на s-оболочке, она сферическая. Эта оболочка маленькая, на ней умещается всего два электрона – так образуются два сравнительно высоких столбца слева. Уложив два электрона, атом ищет более вместительное хранилище. Элементы в правой части таблицы начинают упаковывать электроны один за другим на p-оболочку – по форме она немного напоминает человеческое легкое. На p-оболочке умещается шесть электронов, поэтому в правой части таблицы мы видим шесть высоких столбцов. Обратите внимание: во всех верхних рядах два электрона s-оболочки суммируются с шестью электронами p-оболочки, всего получается восемь электронов. Именно столько электронов на верхнем уровне требуется большинству атомов для полного комплекта. И, если не считать самодостаточных благородных газов, все элементы предоставляют электроны с внешнего уровня для обмена при химических реакциях. Поведение этих элементов вполне логично: с добавлением нового электрона атом может предложить больше электронов для участия в реакциях.

Теперь переходим к сложной части. Переходные металлы занимают с третьего по двенадцатый столбец в рядах с четвертого по семнадцатый. Они размещают электроны на d-оболочках, на каждой из которых умещается по 10 электронов. По форме d-орбитали больше всего напоминают несуразных зверюшек, свернутых из воздушных шариков. Мы уже знаем, как элемент заполняет свои электронные оболочки, поэтому можем предположить, что переходные металлы будут выкладывать все дополнительные электроны с d-оболочек на внешний энергетический уровень и использовать их для участия в реакциях. Но нет! Переходные металлы запасают свои дополнительные электроны и прячут их под другими энергетическими уровнями. Это «решение» переходных металлов нарушить общепринятые нормы и упрятать свои d-электроны кажется некрасивым и нелогичным – Платону бы это не понравилось. Но так устроена природа, ничего с этим не поделаешь.

Но, как бы ни был сложен этот процесс, у него есть смысл. В принципе, если мы движемся по таблице горизонтально, с добавлением нового электрона к каждому переходному металлу свойства элемента должны немного меняться. Но, поскольку электроны с d-оболочек спрятаны глубоко в недрах атома, как в выдвижных ящиках с двойным дном, они словно скрыты под броней. Другие атомы, пытающиеся реагировать с металлами, не могут получить доступа к этим электронам, и получается, что многие металлы в ряду выделяют для

химических реакций практически одинаковое количество электронов. Поэтому они очень похожи друг на друга в химическом отношении. Вот почему с научной точки зрения многие металлы выглядят и ведут себя почти одинаково. Все они – серые и холодные, поскольку их внешние электроны не оставляют им выбора, а заставляют приспосабливаться к обстоятельствам. Разумеется, чтобы еще более запутать ситуацию, некоторые скрытые в глубине электроны иногда всплывают наверх и начинают участвовать в реакциях. Этим объясняются небольшие различия между некоторыми металлами и сложность их химических реакций.

Элементы с f-оболочками также довольно беспорядочны. F-оболочка появляется в первом из двух рядов металлов, расположенных под основной частью таблицы, – это группа лантаноидов. Лантаноиды также именуются «редкоземельными элементами». Если считать по номерам, от пятьдесят седьмого до семьдесят первого, то все лантаноиды следовало бы расположить в шестом ряду. Но их принято выносить в отдельный нижний ряд, чтобы таблица оставалась более компактной и менее громоздкой. Лантаноиды прячут новые электроны еще глубже, чем переходные металлы, зачастую на два энергетических уровня ниже. Таким образом, они еще более схожи между собой, нежели переходные металлы, их едва можно отличить друг от друга. Движение вдоль этого ряда напоминает поездку из Небраски в Южную Дакоту – вы куда-то едете и даже не замечаете, что пересекаете границы штатов.

В природе практически невозможно найти образец чистого лантаноида, поскольку они всегда перемешаны друг с другом. Известен случай, в котором один химик из Нью-Гемпшира попытался выделить тулий, элемент номер шестьдесят девять. Он начал работать с огромными емкостями, наполненными тулиевой рудой. Ученый многократно обрабатывал руду различными химическими реагентами и кипятил смесь, на каждом этапе работы очищая небольшое количество металла. Растворение длилось так долго, что поначалу удавалось выполнить всего один-два цикла очистки в день. Но он выполнил этот трудоемкий процесс пятнадцать тысяч раз вручную и добыл из сотен фунтов руды всего несколько унций достаточно чистого металла[12]. Но даже в этой толике присутствовали небольшие примеси других лантаноидов. Их электроны были скрыты так глубоко, что никакие химические реагенты не позволяли их связать.

Электронные взаимодействия – это основа периодической системы. Но, чтобы по-настоящему понимать элементы, нельзя игнорировать ту часть, которая составляет до 99 % атомной массы – я говорю о ядре. И если электроны подчиняются законам, сформулированным величайшим ученым, так и не получившим Нобелевской премии, то ядро работает по законам, описанным самым парадоксальным нобелевским лауреатом в истории. Это была женщина, чей путь в науке складывался еще сложнее, чем у Льюиса.

Мария Гёпперт родилась в Германии в 1906 году. Ее отец был профессором в шестом поколении, но тем не менее Мария никак не могла убедить ученых мужей, что женщина тоже может поступить в аспирантуру. Поэтому она училась то на одном курсе, то на другом, слушая лекции везде, где могла. Наконец она получила докторскую степень в Ганноверском университете, защитив диссертацию перед советом профессоров, у которых никогда не училась. Неудивительно, что без связей и рекомендаций она и после защиты не могла поступить на работу ни в один университет. Гёпперт смогла попасть в науку лишь окольным путем, заручившись помощью своего мужа, Джозефа Майера. Майер был американским профессором химии, приглашенным в Германию. Вместе с ним Мария в 1930 году уехала в Балтимор и под новой фамилией Гёпперт-Майер стала всюду следовать за мужем – на работу и на конференции. К сожалению, в годы Великой депрессии Майер несколько раз оказывался без работы, семья была вынуждена перебраться в Нью-Йорк, а затем в Чикаго.

---

[12] Британские меры веса; фунт равен примерно 453 г, унция – 28,34 г. – *Прим. пер.*

В большинстве университетов снисходительно относились к привычке Гёпперт-Майер присутствовать на ученых собраниях и беседовать о науке. Кто-то даже снизошел до того, что предложил ей работу, правда, неоплачиваемую. Темы для нее подбирались типично «женские» – например, исследование природы цвета. После окончания Великой депрессии сотни ученых собрались под эгидой Манхэттенского проекта – возможно, самого впечатляющего мероприятия по обмену научными идеями в истории человечества. Гёпперт-Майер также получила приглашение к участию, но на периферии, в бесполезном побочном проекте, посвященном выделению урана при помощи фотохимических реакций. Несомненно, в глубине души она раздражалась из-за такого удела, но тяга Марии к науке была так велика, что она согласилась работать и на этих условиях. После окончания Второй мировой войны в университете Чикаго к Гёпперт-Майер наконец-то отнеслись серьезно и предложили должность профессора физики. Она получила собственный кабинет, но факультет так и не платил ей.

Тем не менее Гёпперт-Майер, воодушевленная этим назначением, в 1948 году занялась исследованиями ядра – сердцевины и сущности атома. Количество протонов – положительно заряженных частиц, находящихся в ядре, – и определяет сущность атома. Иными словами, если атом теряет или приобретает протоны, он превращается в другой атом. Как правило, атомы не теряют и нейтронов, но в атомах одного элемента может содержаться разное количество нейтронов. Такие разновидности атомов называются изотопами. Например, изотопы свинца-204 и свинца-206 имеют одинаковый атомный номер (82), но разное количество нейтронов (122 и 124 соответственно). Атомный номер плюс количество нейтронов определяют массу атома. Ученым потребовалось немало лет, чтобы полностью описать взаимосвязи между атомным номером и атомной массой, но после того, как это удалось, устройство периодической системы значительно прояснилось.

Разумеется, Гёпперт-Майер знала об этом, но ее работа касалась иной тайны, которую не так легко осознать, обманчиво простой проблемы. Простейший элемент в природе – водород – является и самым распространенным. Второй элемент таблицы – гелий – занимает второе место по распространению. В эстетически совершенной Вселенной третью позицию должен был бы занимать третий элемент таблицы, литий, и так далее. Но наша Вселенная не столь аккуратна. Третьим по распространенности является восьмой элемент, кислород. Но почему? Ученые предполагали, что кислород имеет очень стабильное ядро, которое не дезинтегрируется (не распадается). Но такое объяснение лишь ставит перед нами следующий вопрос: почему у некоторых элементов, например у кислорода, встречаются такие стабильные ядра?

В отличие от многих современников, Гёпперт-Майер усмотрела в этом явлении параллель с невероятной стабильностью благородных газов. Она предположила, что протоны и нейтроны в ядре располагаются на оболочках, подобно электронам, находящимся вокруг ядра. Возможно, заполнение таких внутриядерных оболочек повышает стабильность ядра. С точки зрения неспециалиста, такая аналогия кажется разумной и красивой. Но Нобелевские премии на выдают за гипотезы, особенно выдвигаемые женщиной-профессором, работающей на общественных началах. Более того, эта идея возмутила физиков-ядерщиков, поскольку химические и ядерные реакции протекают независимо друг от друга. Нет никакой причины, по которой основательные домоседы, какими являются протоны и нейтроны, могли бы вести себя как крошечные своенравные электроны, легко покидающие родной атом в поисках лучшей жизни. Как правило, протоны и нейтроны этого не делают.

Но Гёпперт-Майер следовала своей интуиции. Систематизировав ряд несвязанных экспериментов, она доказала, что у ядер действительно есть оболочки и что в природе образуются так называемые магические ядра. По сложным математическим причинам среди магических ядер не прослеживается такая периодичность, как среди химических элемен-

тов, магическими являются атомы с номерами 2, 8, 20, 28, 50, 82. Благодаря исследованиям Гёпперт-Майер удалось показать, как в ядрах с этими номерами протоны и нейтроны самоупорядочиваются, образуя исключительно стабильные симметричные сферы. Следует отметить, что ядро кислорода является вдвойне магическим: этот элемент, обладающий восемью протонами и восемью нейтронами, невероятно стабилен, чем и объясняется его изобилие во Вселенной. Кроме того, эта модель легко объясняет непропорционально частую встречаемость некоторых других элементов, например кальция (20). Неслучайно и то, что наше тело в значительной степени состоит из таких распространенных элементов.

Теория Гёпперт-Майер напоминает о платоновской философии, согласно которой красивые фигуры являются наиболее совершенными. Предложенная ею модель магического ядра, имеющего форму шара, стала идеальной формой, по которой оцениваются все остальные ядра. Напротив, те элементы, которые находятся между магическими номерами, встречаются редко, поскольку их ядра деформированы и вытянуты. Ученым даже удалось обнаружить бедные нейтронами формы гольмия (шестьдесят седьмой элемент), которые образуют деформированные неустойчивые ядра. Как вы уже догадываетесь по описанию модели Гёпперт-Майер, ядра гольмия не слишком устойчивы. Но, в отличие от атомов с несбалансированными электронными оболочками, атомы с деформированными ядрами не могут ухватить нейтроны и протоны от других атомов, чтобы подправить свою форму. Поэтому атомы с неправильной формой ядра, как у гольмия, образуются с трудом, но если и образуются, то тут же распадаются.

Модель ядерных оболочек – это физический шедевр. Поэтому Гёпперт-Майер, имевшая сомнительный статус в научном сообществе, без сомнения, с унынием узнала, что это открытие было повторно сделано физиками-мужчинами у нее на родине. Она могла полностью потерять надежду. Тем не менее открытие было сделано независимо, и, когда немцы благородно признали важность работ Гёпперт-Майер и пригласили ее к сотрудничеству, карьера Марии пошла в гору. Она получила лестные отзывы, и в 1959 году они с мужем переехали в последний раз – в Сан-Диего. Там Мария Гёпперт-Майер наконец смогла

заняться настоящей оплачиваемой работой в новом Калифорнийском университете. Тем не менее она до конца жизни так и не избавилась от клейма дилетанта. Когда в 1963 году Шведская академия объявила, что Гёпперт-Майер получила высочайшую награду в своей профессии, газета Сан-Диего отметила этот великий день ее жизни унизительным заголовком «Мать из С. Д. получила Нобелевскую премию».

Но все относительно. Возможно, если бы газеты опубликовали статью под подобным заголовком о Гилберте Льюисе, он, вероятно, был бы польщен.

Просматривая периодическую систему ряд за рядом, мы немало узнаём об элементах. Но это лишь часть истории, причем даже не самая интересная. Элементы из одного столбца (соседи по вертикали) связаны гораздо теснее, чем соседи по горизонтали. На большинстве человеческих языков принято читать слева направо или справа налево, но таблицу Менделеева еще важнее уметь читать по вертикали, столбец за столбцом – кстати, так читаются некоторые формы японской письменности. Так нам открывается множество взаимосвязей между элементами, в том числе неожиданные примеры соперничества и антагонизма. У периодической системы есть своя грамматика, и если научишься читать между строк, то узнаешь множество новых историй.

2. Почти близнецы и паршивая овца: генеалогия элементов

Как-то раз Шекспир решил выдумать самое длинное слово в английском языке. Он предложил слово «Honorificabilitudinitatibus» (хонорификабилитудинитатибус), которое может либо означать «преисполненный всяческих почестей», либо читаться как анаграмма, подсказывающая, что пьесы Шекспира написал не сам Бард, а Френсис Бэкон[13]. Но в этом слове всего двадцать семь букв, и ему далеко до самого длинного английского слова.

Разумеется, попытка найти *самое* длинное слово напоминает попытку удержаться на ногах под ударом волн. Вы быстро запутаетесь, ведь язык непрерывно развивается и постоянно меняет направление. Более того, язык значительно отличается в разных контекстах. Слово Шекспира, произнесенное шутом в комедии «Бесплодные усилия любви», очевидно, происходит из латыни. Но мы, пожалуй, не должны учитывать такие заимствованные слова, даже если они употребляются в английских фразах. Кроме того, если учитывать слова, которые просто обрастают множеством приставок и суффиксов (например, «antidisestablishmentarianism», 28 букв, на русский язык переводится как «сопротивление отделению церкви от государства») или явную абракадабру («supercalifragilisticexpialidocious», 34 буквы)[14], то писатель сможет водить читателей за нос еще довольно долго, пока у него не онемеют руки.

Но если искать осмысленное слово, то самым длинным будет считаться слово, которое было изобретено *не с целью* поставить рекорд по длине лексической единицы, а появилось в 1964 году в реферативном журнале *Chemical Abstracts,* который служит для химиков своеобразным справочником. Это слово обозначает важнейший белок, который считается первым из открытых вирусов. Этот белок вируса табачной мозаики был открыт в 1892 году и называется – набрали в грудь воздуха: ацетилсерилтиросилсерилизолейцилтреонилсерилпролилсерилглютаминилфенил-
аланилвалифенилаланиллейцилсерилсеривалитриптофилаланиласпартилпролилизолейци-
лглютамиллейциллейциласпарагинилвалилцистейнилтреонилсерилсериллейцилглицилас-
парагинилглютаминилфенилаланилглютаминилтреонилглютаминилглютаминилаланилар-
гинилтреонилтреонилглютаминилвалилглютаминилглютаминилфенилаланилсерилглюта-
минилвалилтриптофиллизилпролифенилаланилпролилглютаминилсерилтреонилвалилар-
гинилфенилаланилпролиглициласпартилвалилтирозиллизилвалилтирозиларгинилтирози-
ласпарагинилаланилвалиллейциласпартилпролиллейцилизолейцилтреонилаланиллейцил-
лейцилглицилтреонилфенилаланиласпартилтреониларгиниласпарагиниларгинилизолейци-
лизолейцилглютамилвалилглютамиласпарагинилглютаминилглютаминилсерилпролил-
треонилтреонилаланилглютамилтреониллейциласпартилаланилтреониларгиниларгинилва-
лиласпартиласпартилаланилтреонилвалилаланилизолейциларгинилсерилаланиласпарги-
нилизолейциласпаргиниллейцилвалиласпарагинилглютамиллейцилвалиларгинилглицил-
треонилглициллейцилтирозиласпарагинилглютаминиласпарагинилтреонилфенилалани-
лглютамилсерилметионилсерилглициллейцилвалилтриптофилтреонилсерилаланилпроли-
лаланилсерин.

[13] Более простое, но менее изысканное толкование слова «honorificabilitudinitatibus» – «с почестями». Анаграмма этого слова, указывающая на Бэкона, такова: «Hi ludi F. Baconis nati, tuiti orbi». Фраза переводится на русский язык так: «Эти пьесы созданы Ф. Бэконом и сохранены для мира».

[14] Название песни из фильма 1964 года «Мэри Поплинс». Интересный вариант перевода на русский язык – «Суперархиэкстраультрамегаграндиозно». – *Прим. пер.*

Эта анаконда по-английски записывается 1185 буквами[15], а по-русски – всего 1148 буквами.

Теперь, когда большинство из вас просто пробежали глазами приведенное название, возможно, восприняв только «ацетил» и «серин», давайте еще раз взглянем на это слово. Распределение букв в нем оказывается довольно интересным. Буква «е», самая распространенная в английском языке, встречается 65 раз, буква «у» – наименее распространенная – целых 183 раза. Всего на одну букву, «l», приходится 22 % слова (255 раз). Причем буквы «у» и «l» разбросаны не как попало, а зачастую встречаются рядом друг с другом – они образуют 166 пар, расположенных с интервалом около 7 букв. Все это неслучайно. Рассматриваемое нами длинное слово – это название белка, а белки построены на основе шестого, наиболее многофункционального элемента периодической системы – углерода.

В частности, атомы углерода образуют каркасы аминокислот, которые соединяются друг с другом как бусины, образуя белки. Белок вируса табачной мозаики состоит из 159 аминокислот. Поскольку биохимикам зачастую приходится подсчитывать множество аминокислот, они следуют простому лингвистическому принципу. Принято отсекать от названия аминокислоты суффикс «ин» – как в словах «серин» или «изолейцин» – и заменять на «ил», чтобы получался компонент «серил» или «изолейцил». Если расположить эти «илы» в правильном порядке, они точно описывают структуру белка. Мы с вами, не будучи лингвистами,

---

[15] Мнения о том, каково самое длинное слово, появившееся в Chemical Abstracts, разнятся. Многие специалисты считают, что это действительно название белка вируса табачной мозаики – химическая формула этого белка записывается как $C_{785}H_{1220}N_{212}O_{248}S_2$, но другие отдают пальму первенства белку а фермента триптофансинтетазы. Этот белок напоминает вещество, которое, по ошибочному обывательскому мнению, вызывает сонливость, когда ешь индейку (это распространенное заблуждение). Триптофансинтетаза имеет формулу $C_{1289}H_{2051}N_{343}O_{375}S_8$, а его название по-английски записывается 1913 буквами – это на 60 % длиннее, чем название белка вируса табачной мозаики. Во многих источниках – нескольких изданиях Книги рекордов Гиннеса, на сайте Urban Dictionary (www.urbandictionary.com), а также в «Словаре необычных, странных и нелепых слов миссис Бёрн» – самым длинным словом считается именно название триптофансинтетазы. Но я провел долгие часы, роясь в едва освещенных стеллажах Библиотеки Конгресса, и так и не нашел полного названия этой молекулы в Chemical Abstracts. Вероятно, ее просто ни разу не именовали полностью. Чтобы абсолютно в этом удостовериться, я отыскал академическую статью, в которой рассказано о расшифровке формулы триптофансинтетазы (в списках Chemical Abstracts ее не было), и даже там авторы решили сокращенно записать последовательность аминокислот. Итак, насколько я могу судить, полное название этого белка ни разу не появлялось в печати. Вероятно, именно поэтому составители Книги рекордов Гиннеса лишили его звания самого длинного слова.Но мне удалось найти целых два случая, когда белок вируса табачной мозаики был назван полностью. Первый раз – на странице 967F коричневатого фолианта Chemical Abstracts Formula Index, Jan.-June 1964, а потом на странице 6717A в Chemical Abstracts 7th Coll. Formulas, C 23H 32-Z, 56–65, 1962–1966. Обе книги представляют собой реферативные справочники, в которых собираются данные обо всех научных химических статьях, опубликованных в указанный на обложке период. Таким образом, что бы ни писали в других источниках о самом длинном слове в мире (особенно в Интернете), полное название белка вируса табачной мозаики встречается лишь дважды – в 1964 и 1966 годах, но не в 1972-м, как иногда утверждают.Более того: статья о триптофансинтетазе вышла в 1964 году, и в том издании Chemical Abstracts за 1962–1966 годы упоминается еще немало веществ, в молекулах которых содержится больше атомов C, H, N, O и S, чем в белке вируса табачной мозаики. Почему же их не записывали целиком? Дело в том, что большинство этих статей вышло после 1965 года, а именно в этом году компания Chemical Abstracts Service, расположенная в Огайо и собирающая все эти данные, пересмотрела свою систему номенклатуры новых соединений и отказалась от названий, которые просто невозможно охватить взглядом. Но почему же кто-то не поленился полностью записать название белка вируса табачной мозаики в справочнике от 1966 года? Его можно было сократить, но для него было сделано исключение. И последний нюанс: оригинал статьи о вирусе табачной мозаики от 1964 года был опубликован по-немецки. Но справочник Chemical Abstracts – это англоязычный документ, выдержанный в славных традициях компендиумов Сэмюэла Джонсона и Оксфордского словаря. Это название появилось в печати не ради рекорда, а с целью распространения знаний. Поэтому данное слово действительно может считаться самой длинной смысловой лексемой.Уф.Кстати, я выражаю признательность Эрику Шайвли из Crystal Poole Bradley и особенно Джиму Корнингу из Chemical Abstracts Service, которые очень помогли мне в сборе всей этой информации. Они были совершенно не обязаны отвечать на мои путаные вопросы вроде «Здравствуйте. Я тут ищу самое длинное английское слово, но не знаю, с чего начать», но тем не менее отвечали.Так случилось, что вирус табачной мозаики оказался не только первым открытым вирусом, но и первым из подобных существ, чьи форма и структура были тщательно проанализированы. Некоторые выдающиеся работы в этой области принадлежат перу Розалинд Франклин – специалисту по кристаллографии, которая благородно, но простодушно поделилась результатами своих исследований с Уотсоном и Криком (подробнее об этом – в главе 8). А буква «а» из выражения «белок а триптофансинтетазы» относится к кругу вопросов, рассмотренных в работах Лайнуса Полинга и посвященных тому, как белки «узнают», какую форму им следует принять. Об этом – опять же в главе 8.

легко понимаем значение составных слов. Так и биохимики в 1950-е годы и начале 1960-х годов давали молекулам официальные наименования вроде «ацетил…серин», чтобы можно было воссоздать формулу молекулы по ее названию. Это точная, хотя и сложная система. Тенденция к соединению корней и созданию составных слов исторически сложилась из-за того, что в развитии химии важнейшую роль сыграли немецкие ученые и немецкий язык, богатый сложными и длинными словами.

Но почему же аминокислоты связываются в первую очередь друг с другом? Дело в том, какое место углерод занимает в периодической системе. Для заполнения своего внешнего энергетического уровня атому углерода требуется восемь электронов – это универсальное правило называется «правилом октета». Напористость разных атомов и молекул в поиске пары у разных веществ отличается, и аминокислоты относятся к более-менее «цивилизованным» соединениям. На одном конце каждой молекулы аминокислоты находятся атомы кислорода, на другом – атомы азота, а в середине – ствол длиной в два атома углерода. Кроме того, в аминокислотах содержится водород, а от главного ствола могут отходить разные веточки, в результате чего могут образоваться 20 разных молекул, но нас это пока не интересует. И углероду, и азоту, и кислороду требуется по восемь электронов для заполнения внешнего энергетического уровня, но одним элементам легче набрать такие комплекты, чем другим. У кислорода, элемента № 8, всего восемь электронов. Два из них находятся на нижнем энергетическом уровне, который заполняется в первую очередь. На внешнем уровне остается шесть – итак, до полного комплекта атому кислорода не хватает двух электронов. Найти два электрона не так сложно, а агрессивный кислород может диктовать условия и обирать другие атомы. Но та же арифметика подсказывает, что бедный углерод, потратив два электрона на заполнение первой оболочки, остается всего при четырех электронах на втором уровне – и до октета ему недостает еще четырех. Сделать это не так просто, поэтому углерод не слишком привередлив при создании химических связей. Он готов соединяться практически с кем угодно.

Такая неприхотливость углерода – это огромное благо. В отличие от кислорода, углероду приходится образовывать связи с другими атомами во всех возможных направлениях. На самом деле, углерод может делиться своими электронами даже с четырьмя атомами одновременно. Таким образом, углерод способен образовывать длинные цепочки и даже объемные сети молекул. Поскольку углерод делится электронами, а не ворует их, углеродные связи получаются надежными и стабильными. Азоту также требуется создавать многочисленные связи для приобретения октета, но не в такой степени, как углероду. Белки, включая упомянутый выше белок табачной мозаики, используют эти простые правила. Атом углерода на конце одной аминокислоты делится электроном с атомом азота на конце другой аминокислоты. Образуются белки, в которых такие связи углерода и азота тянутся почти до бесконечности, как буквы в длинном-длинном слове.

На самом деле, сегодня ученые способны «декодировать» гораздо более длинные молекулы, чем «ацетил…серин». В настоящее время рекорд принадлежит гигантскому белку, название которого, записанное полностью, насчитывало бы 189 819 букв. Но в 1960-е годы, когда в распоряжении ученых появились инструменты для быстрого определения последовательностей аминокислот, биохимики осознали, что вскоре им придется иметь дело с названиями соединений, каждое из которых занимает целую книгу (проверка их правописания была бы адской пыткой). Итак, было решено отказаться от неуклюжей немецкой системы и оперировать более краткими и удобными названиями, даже в научной литературе. Например, вышеупомянутая молекула с названием из 189 819 букв сегодня именуется милосерд-

ным словом «титин»[16]. Сомневаюсь, что какое-нибудь печатное слово окажется длиннее полного названия белка табачной мозаики или даже приблизится к нему.

Правда, никто не запрещает лексикографам время от времени просматривать биохимические статьи. Медицина всегда была богатым источником уморительно длинных слов. Оказывается, самое длинное нетехническое слово, содержащееся в Оксфордском словаре английского языка, связано с ближайшим «родственником» углерода – кремнием. Считается, что этот элемент, расположенный в таблице Менделеева под номером 14, может быть альтернативным источником иной, неуглеродной жизни, которая может существовать где-нибудь в других галактиках.

Вспомним, как выглядит генеалогическое древо. На его верхушке находятся родители, а ниже – дети, похожие на них. Подобным образом, углерод имеет больше общих черт с кремнием, расположенным непосредственно под ним, чем со своими соседями слева и справа – бором и азотом. Мы уже знаем, чем это объясняется. Углерод – элемент № 6, кремний – элемент № 14. Их разделяет промежуток в восемь клеток (еще один октет), и это неслучайно. У кремния два электрона заполняют первый энергетический уровень, еще восемь – второй. Остается четыре электрона, поэтому кремний претерпевает те же неудобства, что и углерод. Конечно, в такой ситуации кремний приобретает и некоторую химическую гибкость, подобно углероду. Поскольку именно это свойство углерода непосредственно связано с тем, что из него строится живая материя, заметное химическое сходство кремния с углеродом дало любителям научной фантастики богатую пищу для воображения. Возможно ли, что кремний является основой альтернативных – то есть чужеродных – форм жизни, которая существует по иным, внеземным законам? Но генеалогия не определяет судьбу, и дети никогда не бывают полными копиями своих родителей. Действительно, между углеродом и кремнием очень много общего, но это разные элементы, которые образуют несхожие соединения. И, к сожалению для всех читателей фантастических романов, кремний просто неспособен на такое, на что способен углерод.

Забавно, но мы можем оценить, насколько ограничены возможности кремния по сравнению с углеродом, просто разобрав еще одно слово-рекордсмен. Это английское слово из Оксфордского словаря достигает удивительной длины по той же причине, что и упомянутое выше название белка табачной мозаики. Честно говоря, название белка – своего рода слово-формула, интересное в первую очередь своей новизной. Точно так же интересно бывает рассчитать значение числа «пи» до триллионного знака. А самое длинное нетехническое слово, присутствующее в Оксфордском словаре, – это «pneumonoultramicroscopic silicovolcanoconiosis», буквально переводимое как «воспаление легких, вызванное обильным вдыханием кварцевой вулканической пыли» и состоящее всего из 45 букв. Внимательные читатели могли заметить в этом слове компонент «silico», означающий «кремний». Любители лингвистических курьезов между собой именуют это заболевание «p45», но с медицинской точки зрения неясно, можно ли считать этот недуг отдельной болезнью. Дело в том, что упомянутое слово обозначает лишь частный случай неизлечимого легочного заболевания пневмокониоз. Это слово (в английском языке его можно условно назвать «p16») означает болезнь, напоминающую пневмонию. Пневмокониоз относится к целому классу заболеваний, связанных с вдыханием асбестовой пыли. Пневмокониоз может развиваться и при вдыхании диоксида кремния, основного компонента песка и стекла. Строители, которым приходится целыми днями работать с пескоструями, а также рабочие сборочных линий, занятые в арматурно-изоляторном производстве, часто вдыхают наждачную пыль и заболе-

[16] Несколько химиков-подвижников не поленились и опубликовали в Интернете название полной последовательности аминокислот в молекуле титина: это слово занимает сорок семь страниц, набранных в программе Word с одинарным интервалом, шрифт Times New Roman, кегль 12. Белок состоит более чем из 34 000 аминокислот, в слове 43 781 раз встречается буква «l», 30 710 раз – буква «y», 27 120 – суффикс «yl» и всего лишь 9229 раз – буква «e».

вают кремниевой разновидностью пневмокониоза. Но поскольку диоксид кремния (SiO_2) – самый распространенный минерал в земной коре, есть еще одна группа риска, подверженная пневмокониозу: люди, живущие поблизости от активных вулканов. Самые мощные вулканы превращают силикаты в тончайшую пыль и выбрасывают в воздух мегатонны такого вещества. Эта пыль постоянно проникает в легкие и накапливается в них. Поскольку наши легкие все время имеют дело с диоксидом углерода (углекислым газом), организм с готовностью всасывает и диоксид кремния – очень похожее на углекислый газ вещество. Последствия этого могут быть фатальными. Возможно, именно из-за этого заболевания вымерли многие динозавры, когда астероид или комета размером с мегаполис столкнулся с Землей около 65 миллионов лет назад.

Зная все это, мы можем с легкостью разобрать по составу слово p45, со всеми его приставками и суффиксами. Легочное заболевание, развивающееся в результате вдыхания мельчайшей вулканической кремниевой пыли, которая попадает в легкие к людям, в спешке спасающимся от извержения, пыхтя на бегу, называется «пневмония-обусловленная-микроскопическими-кусочками-вулканических-соединений-кремния». Но прежде, чем вы попытаетесь использовать это слово в разговоре, учтите, что многие борцы за чистоту языка его терпеть не могут. Кто-то придумал его, чтобы выиграть словесную викторину в 1935 году, и многие до сих пор насмешливо замечают, что это не лексема, а конкурсная придумка. Даже почтенные редакторы «Оксфордского словаря английского языка» нелестно характеризуют p45, называя его «вздорным словом», которое лишь «предположительно имеет лексическое значение». Вся эта критика объясняется тем, что p45 – просто расширенный вариант реального слова, переводящегося на русский язык как «пневмокониоз». P45 было создано на кончике пера, а не возникло в языке в ходе естественных лингвистических процессов.

Давайте подробнее познакомимся с кремнием и поговорим о том, насколько реалистичны гипотезы о существовании кремниевой жизни. Эта тема в научной фантастике не менее заезжена, чем лазерные пушки, но сама идея очень важна, так как расширяет наши «чисто углеродные» представления о живой материи. Энтузиасты этой гипотезы даже могут рассказать вам о некоторых вполне земных существах, жизнедеятельность которых серьезно зависит от кремния. Таковы, например, морские ежи, чьи иглы содержат этот элемент, а также радиолярии (одноклеточные организмы), которые в ходе эволюции обзавелись настоящими кремниевыми доспехами. Успехи современной науки в области вычислительной техники и искусственного интеллекта также позволяют предположить, что на основе кремния можно создать не менее сложные «мозги», чем на базе углерода. Теоретически вполне возможно заменить все нейроны вашего мозга кремниевыми транзисторами.

Но p45 преподает нам урок практической химии, перечеркивающий многие надежды на встречу с кремниевой жизнью. Разумеется, «кремниевым существам» потребовалось бы каким-то образом поглощать соединения кремния и выводить их из организма – например, для восстановления поврежденных тканей. Ведь в обмене веществ у земных существ всегда принимает участие углерод. На Земле почти все создания, которые находятся у основания пищевой цепи (во многих отношениях это самые важные организмы), питаются газообразным диоксидом углерода. Кремний в природе также активно связывается с кислородом, образуя диоксид кремния SiO_2. Но диоксид кремния совсем не похож на углекислый газ – это даже не газ, а твердый порошок (пусть даже такой мелкий, как вулканическая пыль). При любой температуре он весьма неблагоприятен для живых организмов. Диоксид кремния переходит в газообразное состояние только при 2200 °C! Клеточное дыхание с участием твердых частиц попросту невозможно, поскольку такие частицы сцепляются друг с другом. Они не текут, сложно захватывать отдельные молекулы таких веществ, а это очень важно для клеток. Даже самые примитивные формы кремниевой жизни, не сложнее ряски, едва могли бы дышать, а у более крупных форм жизни со многими слоями клеток дела обстояли

бы еще хуже. Не имея возможности газообмена с окружающей средой, растительные формы кремниевой жизни голодали бы, а животные задыхались бы от отходов собственной жизнедеятельности. Достаточно вспомнить, насколько губительна р45 для наших легких, привыкших иметь дело с углекислым газом.

Смогли бы гипотетические кремниевые микроорганизмы всасывать кремний и избавляться от него какими-то иными способами? Возможно, но соединения кремния не растворяются в воде, а это самая распространенная жидкость во Вселенной. Таким образом, подобные существа были бы сразу лишены тех эволюционных преимуществ, которые нам дает кровь и другие жидкости, обеспечивающие циркуляцию питательных веществ и утилизацию отходов. Кремниевые формы жизни должны были бы выстраивать обмен веществ только на твердых соединениях, которые плохо смешиваются. Таким образом, сложно себе представить, как кремниевые существа могли бы *делать* что-либо.

Более того, поскольку в атоме кремния содержится больше электронов, чем в атоме углерода, этот атом гораздо массивнее. Порой это не проблема. Кремний вполне мог бы заменить углерод в марсианских аналогах жиров или белков. Но углерод также способен образовывать кольцевые молекулы, которые мы называем сахарами. Кольцо – это форма, для которой характерно значительное напряжение. Именно поэтому в кольцевых молекулах заключено много энергии. Кремниевые молекулы попросту недостаточно гибки, чтобы образовывать кольца. Существует и другая подобная проблема: атомы кремния не могут так тесно располагать свои электроны, чтобы из них создавались двойные связи, присутствующие практически во всех сложных биохимических соединениях. Если два атома совместно используют два электрона, то между ними возникает одинарная связь. Если электронов не два, а четыре, связь двойная. Соответственно, у кремниевой жизни было бы в сотни раз меньше возможностей

для хранения химической энергии и синтеза гормонов. В общем, только радикальная биохимия допускает существование таких кремниевых форм жизни, которые способны расти, реагировать на раздражители, размножаться и нападать. Даже морские ежи и радиолярии используют кремний лишь в качестве опорного элемента, а не для дыхания или хранения энергии. Тот факт, что на Земле развилась именно углеродная жизнь, несмотря на то что кремния на нашей планете гораздо больше, чем углерода, по-видимому, все объясняет[17]. Я не рискну утверждать, что кремниевая биология принципиально невозможна. Но кремниевые твари должны были бы испражняться песком и жить на планете с постоянно извергающимися вулканами, ежесекундно выбрасывающими в атмосферу мельчайшую кремниевую пыль. В других условиях маловероятно, что четырнадцатый элемент мог бы стать основой для жизни.

Правда, кремний обеспечил себе бессмертие, так и не породив жизни. Подобно вирусу – квазиживому существу, – кремний занял свою эволюционную нишу, паразитируя на другом элементе, расположенном в таблице прямо под ним.

В том столбце таблицы, где находятся углерод и кремний, можно заметить и другие интересные примеры генеалогии элементов. Под кремнием находится германий. Под германием мы неожиданно обнаруживаем олово. Спускаемся еще на период – под оловом располагается свинец. Итак, двигаясь прямо вниз по четырнадцатому столбцу периодической системы, мы сначала встречаем углерод – основной элемент живых организмов, потом кремний и германий, на которых построена вся современная электроника. Далее идет олово – непримечательный серый металл, из которого делают баночки для кукурузы. Замыкает эту

---

[17] В одном из выпусков передачи Frontline на американском телеканале PBS, которая называлась «О будущем грудных имплантатов», было сделано интересное замечание: «Содержание кремния в живых организмах снижается по мере усложнения этих организмов. Соотношение кремния и углерода в земной коре – 250:1, в гумусе (перегное) – 15:1, в планктоне – 1:1, в папоротниках – 1:100, в организме млекопитающих – 1:5000».

последовательность свинец – элемент, более или менее губительный для всего живого. Каждый шаг, казалось бы, невелик, но наш путь демонстрирует, что небольшие изменения постепенно накапливаются, и разница между элементами становится огромной.

Еще один генеалогический урок заключается в том, что во многих семействах есть своя паршивая овца – кто-то, на кого остальная родня махнула рукой. В четырнадцатом столбце таблицы Менделеева таков, несомненно, германий – элемент с совершенно незавидной судьбой. Кремний сегодня применяется в компьютерах, микросхемах, автомобилях и калькуляторах. Благодаря кремниевым полупроводникам люди долетели до Луны, благодаря кремнию функционирует Интернет. Но если бы около шестидесяти лет назад сложилась немного иная ситуация, в Северной Калифорнии сегодня раскинулась бы не Кремниевая, а Германиевая долина.

Современная полупроводниковая индустрия начала развиваться в 1945 году в корпорации Bell Labs в штате Нью-Джерси, всего в нескольких милях от места, где семьюдесятью годами ранее основал свою «фабрику изобретений» Томас Алва Эдисон. Уильям Шокли, инженер-электротехник и физик, попытался сконструировать небольшой кремниевый усилитель, чтобы заменить вакуумные трубки в мейнфреймовых компьютерах. Инженеры очень не любили такие трубки, поскольку эти длинные стеклянные сосуды, похожие на огромные лампочки, были неудобными, хрупкими и к тому же быстро перегревались. Тем не менее без вакуумных трубок было не обойтись, поскольку ни одно другое устройство не могло решать таких двойных задач. Вакуумные трубки одновременно и усиливали электронные сигналы, так что самые слабые из них не затухали, и служили для тока «воротами с односторонним движением» – электроны в них не могли пойти вспять по электрической цепи. Если когда-нибудь канализационные трубы у вас дома начинали пропускать стоки назад, вы вполне можете представить себе масштабы возможных проблем. Шокли решил поступить с вакуумными трубками так же, как Эдисон в свое время поступил со свечами. Инженер понимал, что решение связано с элементами-полупроводниками. Только они могли обеспечить нужный баланс, при котором в электрическую цепь попадало бы достаточно электронов для возникновения тока («проводник»), но не слишком много, чтобы процесс не становился неуправляемым («полу»). Правда, Шокли оказался замечательным новатором, но неважным инженером, и его «кремниевый усилитель» так ничего и не усиливал. Тщетно промучившись над проблемой два года, он отдал эту задачу двум своим подчиненным, Джону Бардину и Уолтеру Браттейну.

По замечанию одного биографа, Бардин и Браттейн «испытывали друг к другу такую любовь, какая только может быть между двумя лучшими друзьями. Казалось, они образовывали единый организм, в котором Бардин был мозгом, а Браттейн – руками»[18]. Этот альянс получился очень плодотворным, ведь Бардин, которого за глаза, наверное, называли «ботаником», был скорее теоретиком, чем практиком. И вот двое ученых вскоре пришли к выводу, что кремний слишком хрупок, чтобы собирать из него усилители, а также плохо поддается очистке. Кроме того, они знали о свойствах элемента германия, расположенного на один период ниже, прямо под кремнием. Поскольку германий имеет на один энергетический уровень больше, его электроны связаны слабее и лучше проводят электричество. На основе германия Бардин и Браттейн сконструировали первый в мире твердотельный (а не вакуумный) усилитель. Это произошло в декабре 1947 года. Они назвали свой прибор «транзистором».

Вероятно, новость поразила Шокли – правда, то Рождество он встречал в Париже, и ему некогда было заявить, что он тоже приложил руку к этому изобретению (пусть и начал работать не с тем элементом). Шокли решил во что бы то ни стало отхватить свой кусок почестей за работу Бардина и Браттейна. Нет, он не был плохим человеком, но вел себя

[18] Эта фраза взята из документального фильма Transistorized, показанного на канале PBS.

совершенно беззастенчиво, убедившись в верности своих догадок и будучи абсолютно уверен, что заслужил славу «отца всех транзисторов». Подобную безапелляционность Шокли проявил и гораздо позже, уже на склоне лет, когда отверг всю физику твердого тела и занялся евгеникой – «наукой» о выведении совершенных людей. Он верил в касту «благословенной интеллигенции», подобную индийским жрецам-брахманам, стал собирать средства на «банк спермы гениев»[19] и выступать за стерилизацию бедняков и представителей различных меньшинств за денежное вознаграждение – так он предлагал предотвратить «снижение коллективного общечеловеческого интеллектуального уровня».

Спешно вернувшись из Парижа, Шокли стал без преувеличения встревать в компанию изобретателей транзистора. В Bell Labs сохранились фотографии для прессы, на которых запечатлены трое ученых, как будто находящихся за работой. На таких снимках Шокли всегда стоит между Браттейном и Бардином, словно вклиниваясь в их живую связку и возложив *свои* руки на лабораторные приборы. Молодые сотрудники вынуждены выглядывать у него из-за спины, как будто они всего лишь скромные ассистенты. Эти фотографии и стали началом новой реальности, в которой научное сообщество признало изобретение транзисторов заслугой троих, а не двоих исследователей. Вскоре Шокли повел себя как мелочный князек в своей вотчине и вынудил Бардина, своего основного интеллектуального соперника, перейти на работу в другую лабораторию, не связанную с исследованиями полупроводников. Теперь именно Шокли мог разработать второе поколение германиевых транзисторов, более привлекательное с коммерческой точки зрения. Неудивительно, что Бардин вскоре покинул Bell Labs и перебрался на работу в Университет Иллинойса. Он был настолько уязвлен, что начисто забросил исследования полупроводников.

Германий также оказался невостребованным. К 1954 году транзисторные производства размножились, как грибы после дождя. Процессорные мощности компьютеров выросли на порядки, появились целые классы новых приборов – например, карманные радиоприемники. И на протяжении этого бума инженеры продолжали расточать комплименты кремнию. В частности, это было обусловлено тем, что германий оказался капризным элементом. Он, конечно, очень хорошо проводил электричество, но при этом сильно разогревался, и при высоких температурах германиевые транзисторы начинали барахлить. Существенное достоинство кремния заключалось и в том, что он является основным компонентом песка и поэтому в буквальном смысле «дешевле грязи». Ученые по-прежнему верили в германий, но тратили огромное количество времени, придумывая применение кремнию.

В том же 1954 году состоялось собрание, посвященное перспективам полупроводникового бизнеса. После очередного сложного доклада о том, что создание транзисторов на основе кремния представляется невозможным, встал какой-то дерзкий техасский инженер и заявил, что у него в кармане есть рабочий кремниевый транзистор, после чего поинтересовался, не желают ли коллеги посмотреть на прибор в действии. Этот новый Барнум[20] – а звали инженера Гордон Тил – вытащил германиевый записывающий проигрыватель, подключил его к внешним динамикам, а потом вскипятил масло и картинно погрузил прибор в бурлящую жидкость. Неудивительно, что аппарат мгновенно перегрелся и заглох. Выудив вареный проигрыватель, Тил извлек оттуда германиевый транзистор и заменил его своим, кремниевым. Потом он повторил фокус с маслом. Музыка как ни в чем ни бывало лилась

---

[19] Этот банк спермы, созданный по инициативе Шокли в Калифорнии, официально назывался «Репозиторий для выбора зародышей», но более известен как «Банк спермы Нобелевских лауреатов». Правда, Шокли был единственным Нобелевским лауреатом, официально признавшим свой вклад в этот банк, хотя основатель учреждения – Роберт К. Грэм – утверждал, что и некоторые другие лауреаты следовали этому примеру.

[20] Финеас Тейлор Барнум (1810–1891) – знаменитый американский антрепренер и шоумен, известный своими мистификациями. – *Прим. пер.*

из динамиков. В тот момент, когда толпа бизнесменов домчалась до платных наушников, установленных у задней стены конференц-зала, германий был забыт.

К счастью для Бардина, этот акт драмы имел счастливый, пусть и нескладный конец. Его работа с германиевыми полупроводниками была признана столь важной, что он, Браттейн и *(эх!)* Шокли в 1956 году были удостоены Нобелевской премии по физике. Бардин узнал эту новость однажды утром по радио (к тому времени, вероятно, это был приемник на кремниевых транзисторах), поджаривая яичницу на завтрак. Он так разволновался, что случайно опрокинул сковородку на пол. Знал бы он, что это не последний его «нобелевский прокол». За несколько дней до торжественной церемонии, которая, как известно, проводится в Швеции, он постирал свой белый галстук-бабочку и смокинг вместе с цветными вещами, так что они приобрели зеленый цвет (так мог сделать какой-нибудь из его студентов!). А в день церемонии он и Браттейн так нервничали перед встречей с королем Швеции Карлом Густавом, что наглотались хинина, чтобы успокоить желудки. Вероятно, лекарство не помогло, поскольку, когда Густав пожурил Бардина, что тот оставил своих сыновей в Гарварде (Бардин опасался, что они могут провалить экзамен), а не взял их в Швецию с собой, Бардин прохладно отшутился, что обязательно исправит оплошность, когда приедет за Нобелевской премией в следующий раз.

Если не считать подобных промахов, церемония стала настоящим триумфом для полупроводников, хотя и очень кратким. Руководители Шведской академии наук, которая присуждает Нобелевские премии по химии и физике, в дальнейшем предпочитали вознаграждать исследования в области чистой науки, а не инженерии. Высокая честь, оказанная изобретателям транзисторов, была редким реверансом в адрес прикладной науки. Тем не менее уже в 1958 году в транзисторной индустрии разразился новый кризис. А поскольку Бардин уже не работал в этой области, дверь в нее оказалась открыта для нового героя.

Через эту дверь и прошел Джек Килби, хотя ему, наверное, пришлось при этом немного нагнуться – наш герой был высокого роста, примерно метр восемьдесят. Килби был типичный розовощекий канзасец и говорил медленно, как принято в тех краях. Он около десяти лет проработал в высокотехнологичном захолустье на заводе в городе Милуоки, пока не устроился на работу в компанию Texas Instruments. Килби имел диплом инженера-электротехника, но его первой задачей стало решение известной проблемы компьютерного оборудования, которая называется «тирания чисел». В принципе, дешевые кремниевые транзисторы работали хорошо, но для тонких компьютерных схем требовалось множество таких транзисторов. Таким образом, технологическим компаниям, включая Texas Instruments, приходилось отводить целые ангары, в которых трудились низкооплачиваемые рабочие (в основном – женщины). Эти труженицы и труженики целыми днями сутулились над микроскопами, ругались, исходили потом в защитных спецовках и паяли мелкие кремниевые детали. Такой процесс был не только дорогостоящим, но и неэффективным. В любой такой схеме обязательно попадались какие-то контакты, которые были повреждены при сборке или работали плохо. Но инженеры не могли сократить количество транзисторов – в этом и заключалась тирания чисел.

Килби прибыл на работу в Texas Instruments знойным июньским днем. Поскольку он был новичком, ему не полагался отпуск. И когда в июле тысячи сослуживцев отправились в обязательный отпуск, Джек остался практически в одиночестве. Несомненно, получив такую передышку и поработав в тишине, он убедился, что держать тысячи рабочих, клепающих транзисторные схемы, – это нонсенс. При почти полном отсутствии начальства у Килби было достаточно свободного времени, чтобы развить идею нового устройства, которое он назвал «интегральной схемой». В обычных схемах приходилось собирать вручную не только транзисторы, но и другие детали. Углеродные резисторы и керамические конденсаторы также требовалось аккуратно сплетать медными проводками. Килби отказался от

такой сборочной фазы, решив просто вырезать все детали – резисторы, транзисторы и конденсаторы – из цельного куска полупроводникового материала. Это была превосходная идея – представьте себе художественную и структурную разницу между высечением статуи из мраморной глыбы и постепенным тщательным ваянием каждого мускула, которые потом приходится связывать проволокой. Килби решил не полагаться на кремний, который мог оказаться не совсем чистым, и изготовил прототип своей схемы из германия.

В итоге такие интегральные схемы действительно избавили инженеров от кропотливого ручного труда. Поскольку все элементы были вырезаны из одного и того же блока, ничего паять больше не требовалось. На самом деле, вскоре такая пайка стала попросту невозможной, так как процесс вырезания интегральных схем оказалось легко автоматизировать. Стали появляться наборы микроскопических транзисторов – первые настоящие компьютерные чипы. Килби так и не получил заслуженного вознаграждения за свое достижение – один из протеже Шокли подал встречный патент, несколько более детальный, чем у Килби. Хотя он и опоздал на несколько месяцев, ему удалось отобрать права на изобретение у компании Килби. Но технологические энтузиасты по сей день воздают Килби должную славу инженера. В промышленной отрасли, где жизненный цикл изделия измеряется месяцами, микрочипы по-прежнему создаются тем же способом, принципиальные основы которого были заложены более пятидесяти лет назад. В 2000 году Килби наконец-то получил Нобелевскую премию за изобретение интегральной схемы[21].

Грустно лишь то, что ничто не смогло восстановить репутацию германия. Первая германиевая схема, изготовленная Килби, сегодня хранится в Смитсоновском институте, но на реальном техническом рынке германий оказался не у дел. Кремний гораздо дешевле и доступнее германия. Сэр Исаак Ньютон когда-то сказал, что своими успехами обязан тому, что стоял на плечах гигантов. Он имел в виду тех ученых, чьими достижениями воспользовался. Так и германий выполнил всю работу, чтобы кремний мог стать символом целой эпохи. Сам же германий остался рядовым и незаслуженно забытым обитателем периодической системы.

На самом деле, такая судьба постигла не только германий. Большинство элементов незаслуженно обойдены вниманием. Даже имена многих ученых, открывших многие элементы и заполнивших пустовавшие клетки, практически забыты. Но некоторые из элементов, в частности кремний, пользуются всемирной славой, которая не всегда оправданна. Когда ученые работали над первыми вариантами периодической таблицы, они уже замечали сходство между некоторыми элементами. Химические «триады», ярким примером которых является группа «углерод-кремний-германий», были первой подсказкой о существовании периодического закона. Но некоторые ученые оказались более восприимчивыми к деталям, чем коллеги, и смогли распознать неявные черты, объединяющие целые семейства элементов. В этом элементы напоминают нас с вами – ведь в некоторых семьях на протяжении многих поколений проявляется горбоносость или ямочки на щеках. Наконец, один ученый – Дмитрий Иванович Менделеев – смог отследить и спрогнозировать такие схожие черты у элементов. Он навеки вписал свое имя в историю как автор периодической таблицы.

---

[21] Подробнее о Килби и тирании чисел можно прочитать в замечательной книге Т. Р. Райда The Chip: How Two Americans Invented the Microchip and Launched a Revolution. Интересно отметить, что известный клубный диджей, выступающий под псевдонимом Джек Килби, выпустил в 2006 году мини-альбом «Микрочип» с фотографией самого Килби на обложке. На пластинке есть композиции «Нейтроний», «Укуси меня за шарф», «Интегральная схема» и «Транзистор».

3. Галапагосы периодической таблицы

Можно сказать, что история периодической системы – это история многочисленных ученых, благодаря которым таблица приобрела современный вид.

Первый из героев этой главы носит одно из тех имен, которые из собственных стали нарицательными. Когда мы встречаем в исторических книгах упоминания о докторе Гильотене, Чарльзе Понци[22], Жюле Леотаре[23] или Этьене Силуэте[24], мы невольно улыбаемся оттого, что кто-то действительно носил такую фамилию. Мы поговорим об одном из создателей периодической системы, заслуживающим особых похвал, так как его знаменитая горелка позволила продемонстрировать больше студенческих фокусов, чем любой другой лабораторный прибор. Может показаться невероятным, что наш герой, немецкий химик Роберт Бунзен, на самом деле не изобретал «свою» горелку, а просто немного ее усовершенствовал и популяризовал в середине XIX века. Но даже без этой горелки его жизнь оказалась полна всяких опасностей и катастроф.

В молодости Бунзен всерьез интересовался мышьяком. Хотя этот элемент № 33 был известен еще в античные времена (древнеримские отравители смазывали им инжир), немногие законопослушные химики имели представление о мышьяке. Все изменилось, когда Бунзен стал возиться с этим ядом в своих склянках. Сначала он работал с какодилатами – соединениями на основе мышьяка. Название «какодилат» происходит от греческого слова со значением «зловонный». Бунзен признавался, что какодилаты смердели так ужасно, что даже вызывали у него галлюцинации, «мгновенно провоцировали дрожание рук и ног, приводили даже к головокружению и потере чувствительности». Язык «покрывался черным налетом». Вероятно, ради собственной безопасности Бунзен вскоре синтезировал вещество, по сей день считающееся наилучшим противоядием от мышьяка, – гидроксид железа. Это соединение, похожее на ржавчину, связывается с мышьяком, попавшим в кровь, и выводит его от организма. Тем не менее Бунзен не мог уберечься от всех опасностей. Из-за случайного взрыва химического стакана с мышьяком ученый лишился правого глаза и остался полуслепым на оставшиеся шестьдесят лет жизни.

После этого случая Бунзен прекратил опыты с мышьяком и предался своей страсти к изучению естественных взрывов. Бунзена привлекало все, что с шумом вырывалось из земли, и он посвятил несколько лет исследованию гейзеров и вулканов. Он самостоятельно собирал их пары и кипящие жидкости. Кроме того, Бунзен соорудил у себя в лаборатории модель гейзера Старый Служака и выяснил, как в гейзерах нагнетается давление и образуется фонтан. Бунзен вновь занялся химией, поступив на работу в Гейдельбергский университет в 1850-х годах, и вскоре навечно вписал свое имя в историю науки, создав спектроскоп. Этот инструмент позволяет изучать состав вещества по спектру, который оно начинает излучать при нагревании. Каждый элемент периодической системы при нагревании дает узкие полосы в разных частях спектра. Например, атомы водорода всегда излучают красную, желто-зеленую светло-голубую и синюю полосы. Если вы нагреете какое-то неизвестное вещество и спектроскоп покажет, что в его излучении есть именно такие спектральные линии, то можно быть уверенным, что в веществе содержится водород. Это был фундамен-

---

[22] Чарльз Понци (1882–1949) – итальянский предприниматель, создатель финансовой «пирамиды Понци». – *Прим, пер*

[23] Жюль Леотар (1838/1842-1870) – французский гимнаст; придуманный им цельный гимнастический костюм назван его именем. – *Прим. пер.*

[24] Этьен Силуэт (1709–1767) – министр французского двора, отличавшийся небывалой скупостью; за эту скупостью был награжден «скупой» карикатурой в виде теневого профиля, давшей название всем графическим изображениям такого рода. – *Прим. пер.*

тальный прорыв в науке, первый способ проникнуть в суть экзотических соединений, не кипятя их и не разлагая в кислотах.

Собирая первый спектроскоп, Бунзен и его студент укрепили стеклянную призму внутри пустого ящика из-под сигар, чтобы исключить попадание света извне, а потом прикрепили сверху два окуляра от подзорных труб, чтобы заглядывать внутрь, как на диораме. Единственная серьезная проблема, с которой столкнулась спектроскопия на заре своей истории, – получить настолько горячее пламя, чтобы воспламенить анализируемые вещества. Поэтому Бунзен сконструировал еще одно устройство, за которое ему до сих пор благодарны все, кто хоть раз пытался расплавить пластмассовую линейку или пробовал поджечь карандаш. Бунзен позаимствовал у местного техника примитивную газовую горелку и приделал к ней клапан, контролировавший поступление кислорода. Если вы припоминаете, как возились с горелкой Бунзена на уроках химии и нажимали кнопочку снизу, – да, это тот самый клапан. В результате пламя горелки превратилось из неэффективного потрескивающего оранжевого огня в спокойный шипящий голубой язычок, который сегодня можно наблюдать на любой газовой плите.

Благодаря работе Бунзена работа над периодической таблицей стала быстро продвигаться. Сам Бунзен скептически относился к идее классификации элементов по их спектрам, но других ученых такой подход не смущал, и спектроскоп почти сразу стали применять для идентификации новых элементов. Не менее важно и то, что спектроскопия помогла отсеять многие ошибочные сообщения об открытии новых элементов – оказалось, что в ранее неизвестных соединениях некоторые элементы встречаются в необычных формах. Такой надежный способ определения состава веществ значительно способствовал пониманию строения материи на самом глубоком уровне. Тем не менее ученым требовалось не только находить новые элементы, но и упорядочить их в виде стройной системы. И здесь мы должны отметить очередной значительный вклад Бунзена в развитие периодической системы: в 1850-е годы он сформировал в Гейдельберге целую научную школу, представители которой выполнили важную подготовительную работу, заложив основы периодического закона. Среди них был наш следующий герой, Дмитрий Иванович Менделеев, которого весь мир знает как создателя периодической системы элементов.

На самом деле, Менделеев не создал свою таблицу с нуля, равно как и Бунзен – свою горелку. Было предпринято не менее шести попыток создать такую таблицу, и все эти проекты строились на «химическом сходстве» различных элементов, замеченном еще раньше. Менделеев попытался понять, как можно объединить все элементы в сравнительно небольшие группы простых веществ со схожими свойствами, а потом вывел из этих опытов с периодизацией элементов научный закон. В этом он подобен Гомеру, собравшему из разрозненных греческих мифов эпос «Одиссея». Наука нуждается в своих героях не меньше, чем любая другая область деятельности, и Менделеев стал протагонистом в истории периодической системы элементов. На это есть несколько причин.

Начнем с того, что у него была интереснейшая биография. Менделеев родился в Сибири и был в семье самым младшим из четырнадцати детей. В 1847 году, когда будущему ученому было тринадцать лет, умер его отец. Овдовевшая мать, Мария Дмитриевна, решилась на героический по тем временам поступок и пошла работать на стекольную фабрику, где управляла рабочими-мужчинами. Это позволило ей прокормить большую семью. Но вскоре фабрика сгорела. Мать связывала большие надежды со смышленым младшим сыном, вместе с которым верхом на лошадях отправилась в Москву, преодолев почти две тысячи километров по степям, перебравшись через заснеженные Уральские горы. Но в элитный Московский университет Дмитрия не приняли, так как сочли «не местным»[25]. Но Мария Дмитриевна не

[25] Необходимо уточнить причину отказа. Менделеев окончил гимназию в Тобольске, а по действовавшим в то время

отчаивалась и отправилась с сыном еще дальше, в Санкт-Петербург, где учился когда-то отец Дмитрия Менделеева. На этот раз Дмитрию Ивановичу удалось поступить в университет. Его мать вскоре умерла, но еще успела увидеть приказ о зачислении сына.

Менделеев был превосходным студентом. После окончания института он продолжил образование в Париже и Гейдельберге, где его научным руководителем некоторое время был прославленный Бунзен (между двумя химиками сложились непростые отношения – отчасти из-за неровного характера Менделеева, а также потому, что в лаборатории у Бунзена всегда было смрадно и шумно). В 1861 году Менделеев вернулся в Санкт-Петербург, где получил профессорскую кафедру, и в этот период начал задумываться о природе элементов. Его исследования привели к формулировке периодического закона в 1869 году.

Многие другие ученые также занимались проблемой классификации элементов. Некоторым даже почти удалось решить ее, пусть и не до конца, при помощи тех же методов, что и Менделееву. В 1865 году английский химик Джон Ньюлендс, которому было около 30 лет, представил научному сообществу свой вариант таблицы. Но работу Ньюлендса погубила тяга ученого к риторике. На тот момент благородные газы (от гелия до радона) были еще не известны, поэтому в верхних рядах периодической системы насчитывалось по семь элементов. Ньюлендс придумал причудливую метафору и сравнил семь столбцов периодической системы с нотами музыкальной гаммы – «до-ре-ми-фа-соль-ля-си». К сожалению, Лондонское химическое общество не оценило такой метафоры и высмеяло «музыкальную» химию Ньюлендса.

Более серьезным соперником Менделеева был Юлиус Лотар Мейер, немецкий химик с пышной белой бородой и аккуратно напомаженными черными волосами. Мейер также работал в Гейдельберге под руководством Бунзена и имел солидную профессиональную репутацию. В частности, Мейер открыл, что транспортировка кислорода в организме происходит благодаря связыванию этого газа с гемоглобином в красных тельцах крови. Мейер опубликовал свою таблицу практически одновременно с Менделеевым, двое ученых в 1882 году даже вместе получили престижную награду – Медаль Дэви, которую можно считать предшественницей Нобелевской премии. Медаль была вручена с формулировкой «За открытие периодического закона». Это английская премия, но Ньюлендс стал ее обладателем лишь в 1887 году. Мейер продолжал заниматься важнейшей работой, лишь укреплявшей его репутацию, – в частности, помог популяризовать ряд радикальных теорий, которые в итоге оказались верными. Менделеев же проявил себя как своенравный и надменный человек, который – невероятно! – даже отказывался верить в реальность атомов[26]. Позже он отрицал и существование некоторых других явлений и частиц – например, электронов и радиоактивности. Если бы в 1880 году мы соизмерили вклад Менделеева и Мейера в науку и задумались о том, кто из них является более крупным химиком-теоретиком, то, вполне возможно, выбрали бы Мейера. Итак, что же перед судом истории[27] отличает Менделеева от Мейера и четырех других конкурентов, предложивших свои варианты таблицы раньше него?

правилам выпускники из этого региона имели право поступать только в Казанский университет. – *Прим. пер.*

[26] Сегодня это может показаться невероятным, но мнение о том, что атомы не существуют, было весьма распространено среди химиков того времени. Многие ученые отказывались верить в реальность частиц, которые невозможно увидеть глазами. В лучшем случае атомы считались абстракциями, удобными, например, при расчетах, но тем не менее воспринимались как совершенно умозрительные сущности.

[27] Самое лучшее описание всех шестерых ученых, соперничавших за более точное систематическое представление всех известных элементов, дается в книге Эрика Скерри The Periodic Table. Распространено мнение, что периодическую систему элементов независимо создали или, по крайней мере, посодействовали этому еще три человека.По Скерри, Александр Эмиль де Шанкуртуа осуществил «самый важный этап» в создании периодической таблицы – открыл «тот факт, что свойства элементов находятся в периодической зависимости от их атомного веса». Француз пришел к этому выводу на целых семь лет раньше, чем Менделеев. Де Шанкуртуа был геологом и начертил свою таблицу на цилиндре, как резьбу на винте. Его таблица так и осталась неизвестной широкой общественности лишь потому, что издатель просто не смог найти способ, позволявший правильно отразить эту важнейшую схему на бумаге. Наконец, он просто отказался от этой идеи и

Во-первых, Менделеев в большей степени, чем кто-либо другой, понимал, что среди элементов могут периодически повторяться определенные, но не все химические свойства. Он осознал, что такое соединение, как оксид ртути (оранжевый порошок), не содержит в себе «газообразный кислород» и «жидкую металлическую ртуть», как полагали многие его современники.

Это соединение состоит из двух элементов, один из которых в свободном состоянии представляет собой газ, а другой – жидкий металл. В соединении неизменным сохраняется лишь атомный вес каждого элемента, который Менделеев и считал определяющей чертой каждого простого вещества – это вполне согласуется с современными представлениями.

Во-вторых, в отличие от других ученых, которые весьма по-дилетантски расставляли элементы по рядам и столбцам, Менделеев всю жизнь провел в химических лабораториях и очень, очень хорошо знал, каковы элементы на практике, как они плавятся, пахнут и реагируют. В особенности это касалось металлов, наиболее противоречивых элементов, которые было сложнее всего правильно систематизировать. Именно поэтому Менделеев смог уверенно классифицировать 62 элемента, известные на тот момент, по рядам и столбцам. Кроме того, Менделеев постоянно придирчиво пересматривал свою таблицу, даже записывал символы элементов на карточках и раскладывал в кабинете настоящий химический пасьянс. Важнее всего отметить, что и Менделеев, и Мейер оставили в своих системах пустые клетки, в которые не вписывались никакие из известных элементов. Но Менделеев, в отличие от щепетильного Мейера, набрался смелости и решился предсказать, что новые элементы еще предстоит открыть. «Ищите лучше, химики и геологи, – словно подсказывал Менделеев, – ищите, и найдете». Отслеживая черты известных элементов в каждом столбце, Менделеев даже смог предсказать плотности и атомные веса некоторых еще не открытых элементов. Когда его прогнозы начали сбываться, это произвело гипнотический эффект. Более того, когда в 1890-х годах были открыты благородные газы, таблица Менделеева прошла важнейшее испытание: новые газы вписались в нее без проблем, достаточно было просто добавить еще один столбец. Кстати, сначала Менделеев не признавал существования инертных газов, но к моменту открытия всей этой группы его таблица уже была всеобщим достоянием.

Наконец, сыграл роль и неординарный характер Менделеева. Федор Михайлович Достоевский, соотечественник и современник Менделеева, известен тем, что всего за три недели написал роман «Игрок» чтобы погасить огромные карточные долги. Менделеев оказался в схожей ситуации: он очень быстро составил первый вариант таблицы, чтобы уложиться в сроки, поставленные типографией. Он уже подготовил первый том своей работы, пятисотстраничный фолиант, но успел описать всего восемь элементов. Все остальные эле-

---

опубликовал статью без иллюстрации. Вот насколько сложно представить себе периодическую систему, не видя ее! Тем не менее дело Шанкуртуа по созданию периодической таблицы было продолжено его соотечественником, Полем Эмилем Лекоком де Буабодраном. Возможно, он продолжал эти исследования именно в пику Менделееву.Уильяму Одлингу, выдающемуся английскому химику, по-видимому, просто не повезло. Он догадался о многих важных свойствах периодической системы, но сегодня практически забыт. Вероятно, у Одлинга просто было много других интересов как в химической науке, так и в управленческой сфере, и Менделеев опередил его лишь потому, что был одержим идеей таблицы. Одна из ошибок Одлинга заключалась в том, что он неверно определил длину периода элементов (то есть тот интервал, через который встречаются элементы со схожими химическими свойствами). По Одлингу, период имеет длину в восемь клеток, но это верно лишь в верхней части таблицы. Поскольку у многих элементов имеются d-оболочки, в третьем и четвертом ряду длина периода составляет восемнадцать элементов. В свою очередь, элементы с f-оболочками увеличивают длину периода (периоды 5 и 6) до тридцати двух клеток.Единственным американцем в числе рассматриваемых ученых является Густавус Хинрикс (правда, родился он не в Америке, а в немецком княжестве Гольштейн). Лишь его можно считать эксцентричным отверженным гением, опередившим свое время. Он опубликовал более трех тысяч научных статей на четырех языках и первым предпринял попытку изучения и классификации элементов по виду их спектра, вскоре после открытия, совершенного Бунзеном. Хинрикс также занимался нумерологией и разработал периодическую систему, напоминавшую по форме спиральную галактику. Хинрикс верно определил положение многих очень непростых элементов. Скерри резюмирует, что «работы Хинрикса представляются такими специфическими и запутанными, что требуются подробные дополнительные исследования, прежде чем мы рискнем оценить истинную ценность его открытий».

менты он должен был вместить в еще одну такую же книгу. Менделеев полтора месяца откладывал решение этой проблемы и в конце концов решил, что для максимально сжатого представления всех элементов можно объединить их в таблицу. Воодушевившись этой идеей, Менделеев забросил свой приработок на должности химического консультанта в местной сыроварне и полностью сосредоточился на создании таблицы. В печатном варианте книги Менделеев не просто предсказал, что под бором и кремнием должны располагаться два еще не известных элемента, но и предварительно назвал их. Его репутация нисколько не пострадала от того, что эти наименования получились таинственными и странными (в смутные времена люди стремятся найти пророков): экабор и экасилиций. Приставка «эка» в переводе с санскрита означает «один» – имелось в виду, что неизвестный еще элемент располагается в таблице на одну строчку ниже уже известного аналога.

Через несколько лет Менделеев, уже будучи известным ученым, развелся с женой и захотел жениться повторно. Строгие православные каноны не позволяли разведенному жениться ранее, чем через семь лет. Не желая ждать так долго, Менделеев решил подкупить священника и все-таки обвенчался с новой супругой. Юридически он стал двоеженцем, но власти не решались арестовать его. Когда один местный чиновник пожаловался царю на двойные стандарты, нечестный священник был расстрижен, но царь высокомерно ответил на жалобу так: «Это верно, у Менделеева две жены, но Менделеев-то у меня один!» Тем не менее терпение царя было не безграничным. В 1890 году ученый, увлекавшийся анархическими идеями, был лишен академического поста за симпатии, которые выказывал агрессивным левым студенческим группам.

Несложно понять, почему историков и других ученых так интересует биография Менделеева. Разумеется, никто сегодня не вспомнил бы историю его жизни, не создай он периодическую систему. Вообще достижение Менделеева можно сравнить с работой Дарвина в биологии и Эйнштейна в физике. Никто из этих троих гениев не выполнил всю свою работу сам, от начала и до конца. Но их отличало умение увидеть далеко идущие следствия наблюдаемых явлений, а также способность подкрепить теоретические выкладки эмпирическими доказательствами. Подобно Дарвину, Менделеев нажил себе злопамятных врагов в научном сообществе. Давать названия элементам, которых ты никогда не видел, казалось неслыханной наглостью. Неудивительно, что это привело в бешенство одного из интеллектуальных наследников Бунзена – того человека, который открыл «экаалюминий» и по праву полагал, что именно он, а не неистовый русский заслужил честь назвать этот элемент.

* * *

Открытие экаалюминия, который сегодня известен под названием «галлий», заставляет задуматься о том, что же в действительности продвигает науку вперед: теории, формирующие наше представление о мире, либо эксперименты, простейший из которых способен разрушить самую элегантную теорию? Знаменитый экспериментатор (первооткрыватель галлия), повздоривший с Менделеевым, мог уверенно ответить на этот вопрос. Поль Эмиль Франсуа Лекок де Буабодран родился в семье виноделов во французском местечке Коньяк в 1838 году. Буабодран был симпатичным человеком с вьющимися волосами и пышными усами, любил носить щегольские галстуки. Возмужав, Буабодран переехал в Париж, научился работать с бунзеновским спектроскопом и вскоре стал лучшим в мире специалистом по работе с этим прибором.

Лекок де Буабодран достиг в спектроскопии такого мастерства, что в 1875 году, заметив в спектре минерала новые спектральные линии, он сразу же безошибочно заключил, что обнаружил ранее неизвестный элемент. Ученый назвал его галлием. Галлия – это латинское название Франции. Сторонники теорий заговора обвиняли Лекока де Буабодрана в том, что

он хитро назвал элемент в честь себя, так как слово «лекок» в переводе с французского означает «петух», а латинское название петуха – «gallus». Де Буабодран решил во что бы то ни стало подержать свою находку в руках, поэтому принялся тщательно выделять из минерала образец этого элемента. На это ушел не один год, но в 1878 году француз наконец получил чистый и красивый кусочек металла. При комнатной температуре галлий остается твердым, но уже при 29,8 °С плавится (как известно, нормальная температура человеческого тела – 36,6 °С). Поэтому прямо в руке галлий тает, превращаясь в зернистую густую кашицу, напоминающую ртуть. Это один из немногих жидких металлов, который можно потрогать, не сжигая палец до кости. Неудивительно, что галлий стал сплошь и рядом использоваться в профессиональных фокусах среди химиков. Эти шутки гораздо интереснее, чем номера с горелкой Бунзена. Поскольку галлий похож на алюминий, но очень легко плавится, химики порой любят подавать к чаю галлиевые ложечки и наблюдать за обескураженными гостями, на глазах у которых «Эрл Грей» разъедает столовые приборы[28].

Лекок де Буабодран опубликовал работу об этом причудливом металле в научных журналах, по праву гордясь своей находкой. Галлий был первым из новых элементов, открытым после 1869 года, когда Менделеев представил миру свою таблицу. Когда Менделеев прочитал о работе де Буабодрана, он попытался влезть на пьедестал француза и заявить, что галлий открыт на основе его, менделеевского, описания экаалюминия. Лекок де Буабодран сухо парировал, что это не так и всю работу он проделал сам. Менделеев продолжал протестовать, и двое ученых вступили в жаркую дискуссию на страницах научных журналов. У них получился настоящий роман с продолжением, в котором авторы попеременно рассказывают свои главы. Вскоре дискуссия пошла на повышенных тонах. Лекок де Буабодран, раздраженный претензиями Менделеева, заявил, что задолго до россиянина периодическую таблицу разработал малоизвестный француз и что Менделеев просто присвоил себе идеи этого человека. Как известно, хуже этого греха в науке считается лишь подтасовка данных. Кстати, Менделеев никогда не любил делиться славой. Мейер, напротив, уже в 1870 году ссылался в своих работах на таблицу Менделеева, в результате чего потомки даже стали полагать, что исследования Мейера в области периодического закона производим от менделеевских.

В свою очередь, Менделеев изучил результаты исследований де Буабодрана и безапелляционно заявил экспериментатору, что тот ошибся в расчетах, так как плотность и вес галлия отличаются от показателей, спрогнозированных для экаалюминия. Можно себе представить, сколько желчи было вложено в этот упрек, но, как замечает Эрик Скерри, историк и специалист по философии науки, «Менделеев всегда хотел подправить природу, чтобы она лучше вписывалась в его грандиозную таблицу». Следует отметить, что в этом случае Менделеев оказался прав: вскоре Лекок де Буабодран пересмотрел свои данные и опубликовал результаты, которые оказались гораздо ближе к прогнозу Менделеева. Скерри пишет: «научное сообщество было ошеломлено тем, что Менделеев на кончике пера описал свойства нового элемента даже точнее, чем химик, который его открыл». Учитель литературы как-то раз рассказал мне, что сюжет становится великим – а история о создании периодической системы, безусловно, великая, – когда ее кульминация оказывается «неожиданной, но совершенно закономерной». Полагаю, что Менделеев, составивший гениальную схему своей таблицы, также был ею поражен. Но в то же время истинность таблицы необыкновенно убедительна, так как вся схема пронизана красивой и безусловной простотой. Неудивительно, что ощущение триумфа порой одурманивало ученого.

---

[28] Если вам не терпится самим воспроизвести шутки с галлием, можете посмотреть на YouTube, как чайная ложечка растворяется в стакане. Также предлагаю почитать замечательную книгу Оливера Сакса Uncle Tungsten («Дядя Вольфрам»), в которой он рассказывает о своем увлекательном детстве.

Если оставить в стороне персональные отношения, становится понятно, что здесь мы видим спор между теорией и экспериментом. Возможно ли, что теория настроила чутье де Буабодрана на нужный лад и помогла открыть новый элемент? Или же именно эксперимент бесспорно подтвердил свойства галлия, а теория Менделеева лишь удачно вписалась в реальность? Менделеев мог предсказать что угодно, но именно Буабодран обнаружил галлий, подтверждающий верность менделеевской таблицы. В свою очередь, французу пришлось пересмотреть расчеты и опубликовать новые данные, лучше соответствовавшие прогнозам Менделеева. Лекок де Буабодран утверждал, что никогда не видел таблицы Менделеева, но он мог слышать о ней от коллег, и подобные разговоры, ходившие в научном сообществе, стимулировали ученых внимательнее присматриваться к образцам – а нет ли там новых элементов? Великий Альберт Эйнштейн однажды отметил: «Теория определяет, что именно можно наблюдать».

В конце концов, мы, вероятно, не сможем определить, что – теория или эксперимент, голова или хвост науки – важнее для научного прогресса. Тем более, известно, что многие прогнозы Менделеева оказались ошибочными. На самом деле, ему повезло, что Лекок де Буабодран, серьезный ученый, открыл экаалюминий. Если бы кто-то воспользовался одной из менделеевских ошибок – так, русский ученый считал, что существует много элементов легче водорода, и клялся, что в солнечной короне содержится уникальный элемент «короний», – то Менделеев вполне мог умереть в забвении. Но как мы прощаем античным астрологам их ложные и даже противоречащие друг другу гороскопы и помним о единственной комете, которую им удалось открыть, так и имя Менделеева связано для нас с триумфом. Более того, при упрощенном взгляде на историю легко переоценить вклад в науку, сделанный Менделеевым, Мейером и другими. Они, несомненно, проделали важную работу, соорудив каркас, на котором потомки смогли разместить все химические элементы. Но необходимо отметить, что в 1869 году было известно всего две трети элементов, и долгие годы многие из них находились не на своих местах даже в самых лучших таблицах.

Огромная работа отделяет современный учебник химии от менделеевского двухтомника. Особенно сложно было разобраться с пестрой компанией лантаноидов, расположенных в нижней части таблицы. Ряд лантаноидов начинается с лантана, пятьдесят седьмого элемента. Поиски подобающего места для них в периодической системе занимали химиков добрую часть XX века. Поскольку в глубине атомов лантаноидов скрыто множество электронов, эти металлы очень легко смешиваются друг с другом. Отделить одни лантаноиды от других не проще, чем распутать заросли плюща. Для их разделения практически бесполезна даже спектроскопия – ведь если ученый заметит в спектре десятки новых полос, он не знает, сколько именно элементов за ними скрывается. Даже Менделеев, не скупившийся на различные прогнозы, не решался что-либо утверждать о лантаноидах.

К 1869 году было известно лишь несколько элементов тяжелее церия, второго по счету лантаноида. Но Менделеев, вместо того чтобы отчеканить десяток новых «эка-», признал свою беспомощность. После церия в таблице стали ряд за рядом расти пустые клетки. Позже, когда стали обнаруживаться новые лантаноиды, правильно расставить их было затруднительно – в том числе по той причине, что некоторые «новые» элементы оказывались просто смесями старых. Церий словно располагался на краю известной Менделееву ойкумены, как Гибралтар, который древние мореходы считали краем земли. Казалось, что после церия ученых ждет какой-то водоворот или обрыв, через который океан выплескивается в никуда.

На самом деле, Менделеев мог бы распутать все эти противоречия, если бы отправился всего на несколько сотен километров северо-западнее Петербурга, в Швецию. Именно в Швеции был открыт церий, и в этой же стране находилась неприметная шахта для добычи полевого шпата, расположенная поблизости от деревушки с забавным названием Иттербю.

			K = 39	Rb = 85	Cs = 133	—	—
			Ca = 40	Sr = 87	Ba = 137	—	—
			—	?Yt = 88?	?Di = 138?	Er = 178?	—
			Ti = 48?	Zr = 90	Ce = 140?	?La = 180?	Tb = 281
			V = 51	Nb = 94	—	Ta = 182	—
			Cr = 52	Mo = 96	—	W = 184	U = 240
			Mn = 55	—	—	—	—
			Fe = 56	Ru = 104	—	Os = 195?	—
Typische Elemente			Co = 59	Rh = 104	—	Ir = 197	—
			Ni = 59	Pd = 106	—	Pt = 198?	—
H = 1	Li = 7	Na = 23	Cu = 63	Ag = 108	—	A·. = 199?	—
	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65	Cd = 112	—	Hg = 200	—
	B = 11	Al = 27,3	—	In = 113	—	Tl = 204	—
	C = 12	Si = 28	—	Sn = 118	—	Pb = 207	—
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	—	Bi = 208	—
	O = 16	S = 32	Se = 78	Te = 125?	—	—	—
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	J = 127	—	—	—

Ранний (поперечный) вариант таблицы, составленный Дмитрием Ивановичем Менделеевым в 1869 году. После церия (Ce) видим огромный пробел, показывающий, как мало Менделеев и его современники знали о запутанной химии редкоземельных металлов

В 1701 году дерзкий молодой человек по имени Иоганн Фридрих Бёттгер, воодушевленный тем, как он сейчас одурачит целую толпу зевак безобидными фокусами, вытащил две серебряные монеты и приготовился к демонстрации волшебства. Он взмахнул руками, произвел над деньгами какие-то химические манипуляции – и вдруг серебро исчезло, а на его месте оказался цельный кусок золота. Это был самый убедительный алхимический опыт, который доводилось видеть местным жителям. Бёттгер был уверен, что навсегда обеспечил себе прочную репутацию, и, к сожалению, был совершенно прав.

Слухи о Бёттгере вскоре дошли до польского короля Августа Сильного, который схватил молодого алхимика и заточил его в замке, как Румпельштильцхена[29], чтобы тот прял золото для нужд королевства. Разумеется, Бёттгер не мог выполнить такого приказа, и после немногих бесплодных экспериментов этот безобидный врунишка, еще такой молодой, оказался под угрозой виселицы. Отчаянно пытаясь спастись, Бёттгер стал умолять короля о пощаде. Да, ему не удалось синтезировать золото, но он утверждал, что умеет делать фарфор.

В те времена подобное заявление казалось не менее бредовым, чем обещание сварить золото. С тех пор как Марко Поло вернулся из Китая в конце XIII века, европейское дворянство было буквально одержимо белым китайским фарфором – таким прочным, что его не царапала пилочка для ногтей, но в то же время удивительно прозрачным, как яичная скорлупа. Об империях судили по роскошеству их сервизов, а о волшебной силе фарфора распространялись невероятные слухи. Так, считалось, что фарфоровая чашка обезвреживает любые яды. Еще рассказывали, что в Китае так много фарфора, что из него воздвигли девятиэтажную башню, просто из тщеславия. Кстати, такая башня действительно существовала. Веками могущественные европейские семейства, например Медичи из Флоренции, выделяли средства на получение фарфора, но были вынуждены довольствоваться лишь жалкими имитациями.

К счастью для Бёттгера, при дворе короля Августа нашелся умелый мастер, уже работавший с фарфором, – Эренфрид Вальтер фон Чирнхаус. Перед этим Чирнхаус брал пробы

[29] Герой немецких сказок, злой карлик, способный прясть золото из соломы. – *Прим. пер.*

земли по всей Польше, пытаясь определить, где искать драгоценные металлы для короны. Он сконструировал специальную печь, в которой достигалась температура до 1700 °С. В этой печи Чирнхаусу удавалось расплавлять фарфор и анализировать его. Король назначил смышленого Бёттгера ассистентом Чирнхауса, и начались активные исследования. Двое химиков открыли, что таинственными компонентами китайского фарфора является белая глина, называемая каолин, и минерал полевой шпат, при высоких температурах сплавляющийся в стекло. Не менее важна и другая находка двоих мастеров: они выяснили, что, в отличие от многих других керамических материалов, фарфоровую глазурь и глину нужно варить одновременно, а не последовательно. Именно высокотемпературный сплав глазури и каолина придает фарфору его прозрачность и прочность. Усовершенствовав процесс, мастера с облегчением вернулись к королю и продемонстрировали, что у них получилось. Август изрядно их отблагодарил, мечтая, что фарфор немедленно сделает его самым влиятельным монархом в Европе. Разумеется, Бёттгер рассчитывал, что после такого достижения ему будет дарована свобода. Но король, к сожалению, решил, что Иоганн – слишком ценный специалист, чтобы отпускать его, и даже усилил надзор над ним.

Секрет фарфора вскоре оказался разглашен, рецепт Бёттгера и Чирнхауса распространился по всей Европе. В течение полувека европейские мастера, знавшие основы этого химического процесса, изготовляли и улучшали фарфор. Вскоре полевой шпат стали добывать повсюду, где только находили, в том числе в морозной Скандинавии. Там высоко ценились фарфоровые печи, так как они разогревались лучше и сохраняли тепло дольше, чем печи с металлическим дном. Для подпитки бурно развивающейся европейской промышленности копи полевого шпата появились и неподалеку от Стокгольма, вблизи от той самой деревушки Иттербю. Это произошло в 1780 году.

Слово «Иттербю» переводится с шведского языка как «отдаленная деревня». Это местечко ничем не отличается от любой другой прибрежной шведской деревушки: дома с красными крышами стоят у самой воды, на окнах большие белые ставни, в просторных дворах растут высокие ели. Люди перемещаются по архипелагу на паромах. Улицы названы в честь минералов и элементов[30].

Карьер в Иттербю прорыт с самой вершины холма до юго-восточной оконечности острова. Там добывали руду для производства фарфора и для других целей. Ученых гораздо больше интересовало то, что при обработке этих пород образовывались экзотические красители и разноцветные газы. Сегодня мы уже знаем, что яркие краски – это предсмертные вздохи лантаноидов, а шахта в Иттербю необычайно богата этими металлами сразу по нескольким причинам геологического характера. Давным-давно все химические элементы были равномерно распределены в земной коре, как будто какой-то повар высыпал в кипящий котел горсть пряностей и тщательно их перемешал. Но атомы металлов, особенно лантаноидов, обычно «ходят косяками». По мере того как расплавы пород остывали, лантаноиды слипались друг с другом. В итоге целые залежи лантаноидов сосредоточились в районе Швеции, точнее говоря – под Швецией. А поскольку Скандинавия находится практически на линии тектонического разлома, породы, богатые лантаноидами, в результате движения геологических плит поднялись наверх из глубин земной коры. Кстати, этому процессу способствуют гидротермальные источники, которыми так увлекался Бунзен. Наконец, в эпоху последнего оледенения, мощные скандинавские ледники стесали на полуострове толстый

[30] Об истории и геологии Иттербю мне рассказал Джим Маршалл, химик и историк из университета Северного Техаса. Он также поведал мне интересные подробности о том, как это местечко выглядит сегодня. Он был исключительно любезен, уделив мне свое время и оказав помощь. Кроме того, он прислал мне кое-какие отличные фотографии. Джим путешествовал по всему миру, стремясь побывать во всех тех местах, где был открыт хотя бы один новый элемент. Поэтому он и оказался в Иттербю.

слой поверхностных пород. Именно поэтому в окрестностях Иттербю оказались богатые лантаноидами минералы, добывать которые удавалось без особого труда.

Но, хотя в Иттербю и сложились нужные экономические условия, в которых было выгодно развивать горнодобывающую промышленность, а геология этих мест была крайне интересной с научной точки зрения, в регионе долгое время царили суровые нравы. К концу 1600-х годов Скандинавия едва успела перерасти ментальность жестоких викингов. В XVII веке на полуострове процветала охота на ведьм и колдунов, в стороне от этого варварства не оставались даже университеты, а его масштабы могли бы ужаснуть и жителей Салема[31]. Но в XVIII веке, когда Швеция постепенно установила политическую власть над всем полуостровом, а шведское Просвещение завоевало регион в культурной сфере, в сознание потомков викингов стал проникать рационализм. В Скандинавии стали появляться выдающиеся ученые, которых было удивительно много, учитывая, каким малонаселенным оставался полуостров. Одним из крупнейших естествоиспытателей был Юхан Гадолин. Будущий великий химик родился в 1760 году в семье потомственных академиков (отец Гадолина одновременно руководил кафедрами физики и теологии, а дед совмещал еще более несхожие посты – профессора физики и епископа).

В молодости Юхан Гадолин немало попутешествовал по Европе. В частности, он побывал в Англии, где подружился со знаменитым изготовителем фарфора Джозайей Веджвудом и даже посетил месторождения глины, откуда Веджвуд брал сырье. Вернувшись на родину, Гадолин поселился в городе Турку, который сегодня находится на территории Финляндии на другом берегу Балтийского моря. В Турку Гадолин приобрел славу геохимика. Геологи-любители стали доставлять Гадолину из Иттербю необычные породы, чтобы проконсультироваться об их составе. Постепенно благодаря публикациям Гадолина научное сообщество все больше узнавало об этой замечательной маленькой шахте.

Конечно, у Гадолина не было ни инструментария, ни химической теории, которая позволила бы выделить все четырнадцать лантаноидов, но шведский ученый проделал большую работу, определив основные группы этих элементов. Охота за ними стала для него своеобразным хобби. Когда гораздо позже, на закате жизни Менделеева, ученые вновь заинтересовались Иттербю и уточнили результаты Гадолина при помощи новых и более точных инструментов, новые элементы посыпались как из рога изобилия. Гадолин заложил в номенклатуре элементов «географическую» тенденцию, назвав один из гипотетических элементов «иттрием». Химики поддержали эту традицию и стали именовать новые элементы в честь их общей «родины», неоднократно обессмертив Иттербю в периодической системе. С Иттербю связаны названия семи элементов – такой чести не удостаивались никакое другое место, человек или вещь. Названия иттербий, иттрий, тербий и эрбий происходят непосредственно от этого топонима. Оставалось назвать еще три открытых элемента, но тут у химиков закончились буквы (согласитесь, «рбий» звучит некрасиво). Поэтому в таблице появились гольмий, названный в честь Стокгольма, тулий, чье название напоминает о мифической стране Туле, которую античные авторы помещали на месте Скандинавии. Наконец, по настоянию Лекока де Буабодрана, один из элементов был назван гадолинием, в честь самого Юхана Гадолина.

Шесть из семи элементов, открытых в Иттербю, оказались недостающими лантаноидами Менделеева. Но история могла сложиться совсем иначе, ведь Менделеев постоянно корректировал свою таблицу. Он мог бы самостоятельно заполнить целый нижний ряд таблицы, расположенный вслед за церием, – если бы только сам отправился на северо-

[31] В городе Салем (Сейлем) на территории нынешнего штата Массачусетс в 1692 году прошел знаменитый ведовской процесс, в результате которого 19 человек было повешено, а один – задавлен камнями. – *Прим. пер.*

запад, через Финский залив и Балтийское море, на Галапагосские острова[32] периодической системы.

[32] Галапагосский архипелаг, расположенный к западу от Южной Америки, известен необычной фауной, многие представители которой нигде более не встречаются. – *Прим. пер.*

Часть II. Как создаются и расщепляются атомы

4. Откуда берутся атомы: «Мы все – звездная материя[33]»

Откуда берутся элементы? В течение многих веков в науке процветало заблуждение, что они ниоткуда не берутся. Велись долгие метафизические споры о том, кто (или Кто) мог создать мироздание и почему Он это сделал, но все соглашались, что все элементы – ровесники нашей Вселенной. Они не появляются и не исчезают, а просто существуют. Более новые теории, в частности теория Большого взрыва, сформулированная в 1930-е годы, также принимали эту точку зрения за аксиому. Если все началось около четырнадцати миллиардов лет назад с первозданного мирового зернышка, в котором содержалась вся материя Вселенной, то все, что окружает нас сегодня, очевидно, было заключено именно в нем. Конечно, там не было ни алмазных диадем, ни жестяных банок, ни алюминиевой фольги, но всё сырье для создания элементов там имелось.

Один ученый подсчитал, что уже через десять минут после Большого взрыва сформировалась вся известная материя, а потом резюмировал: «элементы были изготовлены быстрее, чем хорошая хозяйка зажарит утку с картошкой». Опять же, здесь мы имеем дело с общепринятым мнением о том, что история всех элементов протекает исключительно стабильно и является, в сущности, «астроисторией».

Но после 1930-х эта теория начала постепенно распадаться. К 1939 году немецкие и американские ученые доказали[34], что энергия Солнца и других звезд выделяется в ходе реакций ядерного синтеза, при которых из атомов водорода образуются атомы гелия. Объемы этой энергии совершенно несоизмеримы с крошечными размерами атомов. Другие ученые парировали: хорошо, количество водорода и гелия может незначительно колебаться, но нет никаких доказательств, что содержание других элементов в природе хоть как-то изменяется. Но наука не стояла на месте, телескопы совершенствовались, и ряды скептиков множились. Теоретически в результате Большого взрыва элементы должны были быть «равномерно разбросаны» во всех направлениях. Но наблюдения показали, что в самых молодых звездах содержатся почти исключительно водород и гелий, а в старых встречаются десятки элементов. Кроме того, некоторые крайне нестабильные элементы, отсутствующие на Земле, – например, технеций – существуют в некоторых звездах с «экзотической химией»[35]. Какие-то силы должны ежедневно создавать такие элементы.

В середине 1950-х годов некоторые дальновидные астрономы пришли к выводу, что звезды можно сравнить с небесными вулканами. Группа ученых – Джеффри Бербидж, Элинор Маргарет Бербидж, Уильям Фаулер и Фред Хойл – в общих чертах описали теорию звездного ядерного синтеза в своей знаменитой статье, вышедшей в 1957 году. Специали-

---

[33] Намек на высказывание астрофизика Карла Сагана: «Какая-то часть нашего существа помнит, откуда мы родом. Мы стремимся вернуться. И можем это сделать. Ведь космос и внутри нас. Мы все – звездная материя». – *Прим. пер.*

[34] Ганс Бете – один из ученых, который участвовал в описании реакций ядерного синтеза в звездах. Он получил за это премию в размере 500 долларов. Эти деньги он потратил на то, чтобы подкупить нацистские власти и вывезти из Германии свою мать и, как ни странно, мебель.

[35] Интересный факт: астрономы обнаружили звезды странного типа, в которых в ходе неизвестного процесса синтезируется элемент прометий. Самая известная из них – звезда Пшибыльского. Наиболее интересная особенность таких звезд заключается в том, что прометий, вероятно, образуется на их поверхности, а не в недрах, где протекает большинство ядерных реакций. В противном случае мы не могли бы зафиксировать этот короткоживущий радиоактивный элемент, поскольку он просто не просуществовал бы миллионы лет, необходимые для «всплытия» элемента из ядра во внешние слои звезды.

сты называют ее просто – B^2FH[36]. В отличие от большинства научных статей, B^2FH имеет эпиграф, в который вынесены две зловещие и противоречивые цитаты из Шекспира. В них авторы задаются вопросом, управляют ли звезды судьбами человечества[37]. И далее отстаивают точку зрения о том, что да, управляют. В начале статьи рассказывается, что в начале времен Вселенная была первозданной кашей из водорода, с небольшими включениями гелия и лития. Постепенно атомы водорода стали слипаться друг с другом, образуя звезды. Огромное гравитационное давление, возникавшее внутри звезд, провоцировало слияние атомов водорода в атомы гелия. В результате этого процесса сияют все звезды в небе. Но этот процесс, исключительно важный в космологии, неинтересен с научной точки зрения. В течение миллиардов лет звезда только и делает, что выпекает гелий. Лишь после полного выгорания водорода, указывают авторы B^2FH, – и в этом заключается основная научная ценность статьи – ситуация начинает стремительно меняться. Звезда, которая целую вечность висела в пространстве и неспешно перерабатывала свой водород, преобразуется в нечто новое гораздо быстрее, чем мог бы мечтать любой алхимик.

Звезды, отчаянно пытающиеся поддержать высокую температуру при отсутствии водорода, начинают сжигать и плавить в своих недрах атомы гелия. Иногда два атома гелия целиком сплавляются друг с другом, образуя элементы с четными номерами, а в других случаях они теряют при этом часть протонов и нейтронов; так получаются элементы с нечетными номерами. Достаточно скоро внутри звезд накапливаются существенные количества лития, бора, бериллия и особенно углерода. В основном это происходит в глубине звезды – внешний слой, сравнительно холодный, состоит преимущественно из водорода до самой гибели звезды. К сожалению, при сжигании гелия выделяется меньше энергии, чем при сжигании водорода, поэтому звезда успевает израсходовать весь свой гелий всего за несколько сотен миллионов лет. Некоторые маленькие звезды после этого «умирают», на их месте остаются массы сплавленного углерода, известные нам как «белые карлики». Более тяжелые звезды (не менее чем в восемь раз массивнее Солнца) продолжают бороться за жизнь, синтезируя из углерода шесть еще более тяжелых элементов, вплоть до магния. Так они могут просуществовать еще несколько сотен тысяч лет. После данного углеродного этапа умирает еще часть звезд, но самые крупные и горячие звезды (в недрах которых может поддерживаться температура до пяти миллиардов градусов) за несколько миллионов лет сжигают и эти тяжелые элементы. В статье B^2FH авторы анализируют разнообразные реакции синтеза и объясняют, как создаются все легкие элементы вплоть до железа. Эти процессы – настоящая эволюция элементов. В наше время благодаря статье B^2FH астрономы могут объединить все элементы от лития до железа в категорию «звездных». Если на какой-то звезде обнаружено железо, то можно не заниматься поисками более легких элементов, поскольку на звезде обязательно присутствуют и все остальные двадцать пять первых элементов периодической системы.

Логично предположить, что в более крупных звездах должен происходить и дальнейший синтез с участием атомов железа, а также синтез более тяжелых атомов, до самых глубин периодической системы. Но здесь логика вновь нас подводит. Если обратиться к математике и подсчитать, сколько энергии выделяется при слиянии атомов, то можно убедиться, что на слияние легких элементов в атом железа с его двадцатью шестью протонами требуется *очень много* энергии. Таким образом, ядерный синтез элементов тяжелее железа[38] уже

---

[36] По первым буквам фамилий авторов. – *Прим. пер.*

[37] Вот эти цитаты: «Звезды неба, // Святые звезды правят человеком!» («Король Лир», акт 4, сцена 3); «Поверь мне, Брут, что может человек // Располагать судьбой, как хочет, // Не в звездах, нет, а в нас самих ищи // Причину, что ничтожны мы и слабы» («Юлий Цезарь», акт 1, сцена 2). Цитируется в переводах А. Дружинина и П. Козлова.

[38] Если быть абсолютно точным, в звездах не происходит непосредственного синтеза железа. Сначала образуется

не идет на пользу изголодавшейся звезде. Железное ядро – последняя часть жизненного пути самых долговечных звезд.

Итак, откуда же берутся все остальные более тяжелые элементы, от двадцать седьмого (кобальта) до девяносто второго (урана)? Как ни странно, указывают авторы B^2FH, они возникают при «маленьких больших взрывах». Массивнейшие из звезд (примерно в двенадцать раз тяжелее Солнца), спалив весь свой магний и кремний, очень быстро выгорают до железного ядра. Этот процесс занимает всего лишь около одного земного дня. Но прежде, чем погибнуть, звезда корчится в апокалипсической агонии. Когда у звезды не остается никакой энергии, которая позволила бы ей поддерживать собственный объем (его сравнительно легко поддерживать раскаленному газу), выгоревшая звезда схлопывается под действием собственной невероятной тяжести, всего за несколько секунд сокращаясь до считаных сотен километров. В ядре этой звезды протоны и электроны слипаются вместе, образуя нейтроны, пока там не остается практически ничего, кроме нейтронов. Затем, преодолев этот коллапс, звезда взрывается, разбрасывая материю во все стороны. Это не метафора. Возникает ослепительная сверхновая звезда, существующая примерно в течение месяца. Она простирается на миллионы километров и сияет ярче миллиардов звезд. И за этот месяц мириады частиц, обладающие непостижимыми импульсами, сливаются столько раз в секунду, что быстро преодолевают обычные энергетические барьеры и начинают образовывать элементы тяжелее железа. Многочисленные железные ядра покрываются толстым слоем нейтронов. Некоторые нейтроны вновь распадаются, превращаясь в протоны, так и образуются новые элементы. В этом рое частиц рождаются все существующие в природе комбинации элементов и изотопов, изрыгаемые в пространство.

Только в нашей Галактике сотни миллионов сверхновых прошли такой цикл от реинкарнации до катастрофической гибели. В ходе одного из таких взрывов зародилась наша Солнечная система. Примерно 4,6 миллиарда лет назад сверхновая пронизала сверхзвуковым энергетическим всплеском плоское облако космической пыли шириной около 15 миллиардов километров. Раньше на месте этого облака существовало не менее двух других звезд. Частички пыли стали сцепляться с атомной пеной, прилетевшей от сверхновой, и все облако забурлило маленькими смерчами и вихрями, как гладь огромного пруда, в который швырнули множество камешков. Плотный центр облака стал закипать и превратился в Солнце (которое буквально выросло из останков других звезд), а вокруг него начали накапливаться более мелкие тела, ставшие планетами. Самые крупные планеты нашей системы, газовые гиганты, сформировались на том этапе, когда солнечный ветер – поток заряженных частиц, идущих от Солнца, – выдул легкие элементы на периферию системы. Среди всех гигантов наиболее богат газами Юпитер, который по разным причинам стал фантастическим заповедником элементов. На Юпитере некоторые из них могут существовать в формах, невозможных на Земле.

С античных времен человеческий разум занимали фантазии о блестящей Венере, кольценосном Сатурне, Марсе, населенном инопланетянами. Именно в честь небесных тел были названы и некоторые элементы. Планета Уран была открыта в 1781 году. Этот факт так воодушевил научное сообщество, что уже в 1789 году в ее честь был назван уран-металл, несмотря на то что на той планете едва ли найдется и несколько граммов этого элемента. Именно по той же традиции получили названия нептуний и плутоний. Но в последние десятилетия самой интригующей планетой остается Юпитер. В 1994 году комета Шумейкеров – Леви 9 врезалась в Юпитер, это было первое космическое столкновение, которое дово-

никель, двадцать восьмой элемент, это происходит в результате слияния двух атомов кремния (четырнадцатый элемент). Но никель нестабилен, и абсолютное большинство его атомов распадается всего за несколько месяцев, превращаясь в атомы железа.

дилось наблюдать людям. Зрелище астрономов не разочаровало: в планету попал двадцать один ледяной кусок, огненные шары разлетались более чем на 2000 километров. Это драматическое событие заинтересовало и широкую публику, вскоре специалистам NASA пришлось отвечать на некоторые ошеломляющие вопросы, поступавшие во время конференций в прямом эфире. Кто-то спросил, правда ли ядро Юпитера – это огромный алмаз, превышающий по размерам Землю. Другой участник конференции поинтересовался, как связано гигантское Красное Пятно Юпитера с земной «гиперпространственной физикой», о которой он «что-то слышал». Якобы такая физика допускает возможность путешествий во времени. Через несколько лет после столкновения с кометой Шумейкеров – Леви Юпитер своей гравитацией изменил траекторию эффектной кометы Хейла – Боппа и направил эту комету к Земле. Вскоре после этого в Сан-Диего тридцать девять членов секты «Врата Рая» совершили самоубийство, так как полагали, что Юпитер чудесным образом направил ее к нам вместе с заключенным в ней космическим кораблем, который должен перенести их души в высшие духовные миры.

В настоящее время эти странные мнения не подтверждаются. Кстати, Фред Хойл, один из соавторов B^2FH, несмотря на свою профессиональную квалификацию и заслуги, не верил ни в дарвиновскую теорию эволюции, ни в Большой взрыв, а выражение это впервые употребил в насмешку в одной из радиопередач на Би-би-си. Но упомянутый выше вопрос об алмазе все-таки научно обоснован. В свое время некоторые ученые всерьез доказывали (или втайне верили), что огромный Юпитер действительно может породить такой гигантский драгоценный камень. Некоторые по-прежнему надеются, что на Юпитере удастся обнаружить не только жидкие алмазы, но и твердые, размером с «Кадиллак». А если уж говорить о действительно экзотических веществах, отметим, что, по мнению ученых, странное магнитное поле Юпитера может генерироваться лишь океаном жидкого черного «металлического водорода». На Земле металлический водород удавалось зафиксировать лишь в течение нескольких наносекунд, в самых экстремальных условиях, какие только можно создать в лаборатории. Но многие физики убеждены, что Юпитер – необъятный резервуар металлического водорода и океан этого вещества достигает глубины в 30 тысяч километров.

Причина, по которой элементы существуют на Юпитере в столь необычном состоянии, заключается в том, что эта планета (а также, в меньшей степени, Сатурн, второй по величине газовый гигант нашей планетарной системы) является своеобразной переходной формой. Юпитер – не столько огромная планета, сколько маленькая неудавшаяся звезда. Если бы на этапе формирования Юпитер вобрал в себя примерно в десять раз больше дейтерия, чем имеет сейчас, то мог бы стать бурым карликом. Бурый карлик – это звезда, массы которой едва хватает для вялотекущего ядерного синтеза и излучения «низковаттного» рыжеватого света[39]. Тогда в нашей Солнечной системе было бы две звезды. Далее мы увидим, что в этом нет ничего из ряда вон выходящего. Юпитер действительно остыл настолько, что какой-либо ядерный синтез на нем невозможен, но сохранил достаточную массу, температуру и давление, чтобы атомы на нем оказывались очень близко друг к другу и вели себя совсем не так, как на Земле. Внутри Юпитера создается «переходная среда», свойства которой неблагоприятны как для ядерных, так и для привычных нам химических реакций. В таких условиях вполне могут существовать и алмазы величиной с небольшую планету, и маслянистый металлический водород.

---

[39] Ядерный синтез на Юпитере мог бы происходить на основе дейтерия – тяжелого водорода, в атоме которого содержится один протон и один нейтрон, – если бы этот изотоп встречался в природе в тринадцать раз чаще. Учитывая, насколько редок дейтерий (один атом дейтерия приходится на 6500 атомов обычного водорода), это была бы очень тусклая, но настоящая звезда. Чтобы на Юпитере протекал стабильный дейтериевый ядерный синтез, масса планеты должна была бы быть в семьдесят пять раз больше.

Атмосферные условия на поверхности Юпитера также приводят к удивительным взаимодействиям между элементами. Но такие явления вполне нормальны на планете, где существует Большое Красное Пятно. Это огромный циклон, в три раза шире нашей Земли, который уже несколько веков продолжает бушевать в атмосфере Юпитера. Возможно, метеорологические процессы в нижних слоях атмосферы Юпитера еще более зрелищные. Поскольку солнечный ветер донес до орбиты Юпитера лишь самые легкие, а значит – самые распространенные элементы, состав этой планеты, в принципе, должен быть почти как у настоящей звезды: 90 процентов водорода, почти 10 процентов гелия и следовые количества других легких элементов, вплоть до неона. Но последние спутниковые наблюдения показали, что содержание гелия в верхних слоях атмосферы Юпитера на четверть меньше ожидаемого, а содержание неона на 90 % меньше, чем полагали ученые. Неслучайно, что в более глубоких слоях атмосферы эти элементы обнаружились в изобилии. Очевидно, какие-то силы переместили гелий и неон из одних мест в другие. Вскоре астрономы поняли, что получить представление об этих силах позволит метеорологическая карта Юпитера.

В ядре настоящей звезды все ядерные микровзрывы уравновешиваются постоянным центростремительным воздействием гравитации. На Юпитере такая ядерная печь отсутствует, поэтому ничто не мешает сравнительно тяжелым атомам гелия и неона проникать из внешних газообразных слоев вглубь атмосферы. Пройдя примерно четверть пути к центру планеты, эти газы оказываются в непосредственной близости от слоя жидкого металлического водорода, где сильнейшее атмосферное давление превращает эти газы в жидкости.

Большинство читателей видели, как гелий и неон красочно светятся в стеклянных трубках – так называемых неоновых лампах. Трение, возникающее при перемещении капелек этих элементов, плавающих в атмосфере Юпитера, может возбуждать атомы газов аналогичным образом, так что капельки напоминают жидкие метеоры. Таким образом, если сравнительно крупные капли падают достаточно быстро и достаточно далеко, то кто-нибудь, парящий прямо над поверхностью водородного юпитерианского океана, мог бы взглянуть в кремово-оранжевые небеса планеты и полюбоваться невообразимым световым шоу. Представьте себе фейерверки, озаряющие юпитерианскую ночь триллионами ярко-малиновых линий, которые уже получили среди ученых название неоновый дождь.

*** * ***

История скальных планет Солнечной системы (Меркурия, Венеры, Земли, Марса) иная, их драмы не столь зрелищны. На первом этапе формирования Солнечной системы образовались газовые гиганты, для этого потребовалось всего около миллиона лет. Тем временем сравнительно тяжелые элементы скапливались в небесном «каменном поясе», примерно по центру которого пролегает орбита Земли. Там они тихо дожидались своего часа в течение еще нескольких миллионов лет. Когда Земля и другие планеты земной группы наконец приняли форму плотных шарообразных тел, эти элементы были распределены в них более-менее равномерно. Как заметил великий Уильям Блейк, можно было бы поднять горсть земли и подержать в руке всю Вселенную, всю периодическую систему сразу. Но элементы начали перемешиваться друг с другом, группируясь вместе со своими близнецами и собратьями по периодической системе. После миллиардов таких переходов вверх и вниз по земной коре сформировались значительные залежи многих элементов. На всех скальных планетах тяжелое железо опустилось вниз, ближе к ядру. Именно там и сосредоточены основные его запасы. Например, на Меркурии можно наблюдать не менее чудесное явление, чем в атмосфере Юпитера: иногда меркурианское жидкое ядро выделяет железные «снежинки». Причем они не шестиугольные, как всем знакомые земные снежинки из замерзшей

воды, а больше напоминают микроскопические кубики[40]. Земля могла превратиться просто в летящий ком урана, алюминия и других элементов, но события стали разворачиваться иначе: планета достаточно сильно остыла и затвердела, в результате дальнейшее перемешивание элементов осложнилось. Сегодня на нашей планете многие элементы сгруппированы в компактные отложения, которые, однако, встречаются повсюду в земной коре. За исключением некоторых известных случаев, ни одна страна не обладает монополией на добычу какого-либо элемента.

По сравнению со скальными планетами других звездных систем, четыре планеты в нашей системе обладают различным содержанием каждого элемента. Вероятно, большинство планетарных систем сформировались на месте взрывов сверхновых, и точное соотношение элементов в каждой системе зависит от того, какое количество энергии выделилось при конкретном взрыве и сформировало элементы. Кроме того, важен состав окружающей среды (космической пыли), с которой смешивались звездные выбросы. В результате состав элементов каждой планетарной системы получился уникальным. Из уроков химии вы, вероятно, помните, что под каждым элементом в периодической системе записан номер, соответствующий его атомной массе. Этот номер равен средней сумме масс протонов и нейтронов, содержащихся в атомах данного элемента. Так, атомная масса углерода равна 12,011 единицы. Это именно среднее значение. Большинство атомов углерода весит ровно 12 единиц, а оставшиеся 0,011 приходятся на незначительную долю атомов с массой 13 или 14 единиц. Но в другой галактике средняя атомная масса углерода может быть чуть выше или чуть ниже. Более того, сверхновые звезды порождают множество радиоактивных элементов, которые начинают распадаться сразу же после взрыва. Крайне маловероятно, что в двух разных звездных системах соотношение радиоактивных и нерадиоактивных элементов окажется одинаковым, если только две эти системы не образовались одновременно.

Учитывая существенное разнообразие звездных систем, а также их невероятно древнее происхождение, читатель может задать резонный вопрос: откуда у ученых есть хотя бы приблизительное представление о том, как образовалась Земля? Принцип таков: ученые анализируют количество и положение распространенных и редких элементов в земной коре и дедуктивным методом пытаются объяснить, как те или иные простые вещества оказались там, где они есть сейчас. Например, «дату рождения» нашей планеты помогли установить сравнительно распространенные свинец и уран. Соответствующими исследованиями (невероятно скрупулезными и тщательными) занимался один аспирант, работавший в Чикаго в 1950-е годы.

Все самые тяжелые элементы радиоактивны. Большинство из них, в частности уран, в результате распада превращаются в стабильный свинец. Наш следующий герой, Клэр Паттерсон, профессионально сложился в годы работы над Манхэттенским проектом. Поэтому он точно знал скорость распада урана. Он также знал, что на Земле встречаются три разновидности свинца. Каждый тип (изотоп) свинца имеет свою атомную массу – 204, 206 или 207. Некоторое количество свинца всех трех типов существовало еще до того, как родилась наша сверхновая, а какие-то атомы «моложе», так как появились в результате распада урана. Но самое интересное заключается в том, что при распаде урана могут получаться лишь два из трех изотопов – 206 и 207. Содержание изотопа 204 в природном свинце постоянное, поскольку он не образуется при распаде какого-либо другого элемента. Важнейшее открытие заключалось в том, что отношение количества изотопов 206 и 207 к изотопу 204 увеличивается со строго определенной скоростью, так как распадающийся уран продолжает пополнять запасы двух более тяжелых изотопов. Если бы Паттерсон смог определить, насколько

[40] Погода на Марсе не менее удивительна, чем на Юпитере или Меркурии. Так, на Марсе иногда идет снег из перекиси водорода.

это соотношение повысилось сегодня по сравнению с первыми днями существования Солнечной системы, он смог бы вычислить возраст системы.

Как водится, в этой бочке меда была своя ложка дегтя. Ведь никто не знал исходного содержания свинца, поэтому Паттерсону оставалось лишь догадываться, как далеко в прошлое придется отследить данную тенденцию. Но он нашел способ обойти эту проблему. Ведь не вся космическая пыль, парящая вокруг Солнца, вошла в состав планет. Из нее же образовались метеориты, астероиды и кометы. Поскольку они сформировались из того же материала, что и планеты, и с тех самых пор плавают в холодном вакууме, эти тела сохранили в себе кусочки материи, из которых состояла первозданная Земля. Более того, поскольку на вершине пирамиды звездного ядерного синтеза находится железо, оно содержится во Вселенной в огромном изобилии. Так, многие метеориты состоят из чистого железа. Здесь важно отметить, что химически железо и уран не смешиваются, а железо и свинец – напротив, смешиваются. Поэтому содержание свинца в метеоритах ровно такое же, как в новорожденной Земле, поскольку в этих глыбах железа отсутствует уран, который мог бы подмешать в них новые атомы свинца. Паттерсон принялся с воодушевлением собирать куски метеоритов в Каньоне Дьявола, штат Аризона, а затем приступил к работе.

Но почти сразу ему пришлось столкнуться с более серьезной и общей проблемой, связанной с индустриализацией. Люди с античных времен использовали мягкий и ковкий свинец для масштабных архитектурных работ, в частности при создании водопроводов. А с тех пор как были изобретены свинцовые красители, а в конце XIX – начале XX века – бензин с антидетонационными свинцовыми присадками, содержание свинца в окружающей среде стало расти так же быстро, как уровень углекислого газа в атмосфере. Повсеместное присутствие свинца поставило крест на первых опытах Паттерсона, связанных с анализом метеоритов. Ему пришлось пойти на гораздо более радикальные меры – например, кипятить оборудование в концентрированной серной кислоте, чтобы не допускать попадания «антропогенного» испаряющегося свинца в первозданные космические камни. Как позже замечал Паттерсон в одном интервью: «Если вы войдете в такую чистую лабораторию, как моя, то свинец из ваших волос загрязнит ее к чертям».

Такая скрупулезность вскоре переросла в одержимость. Читая воскресный выпуск комикса «Мелочь пузатая», Паттерсон счел, что грязнуля Пиг-Пен, герой этого сериала, напоминает ему все человечество: мы все измазаны в свинце, как Пиг-Пен – в уличной пыли. Но эта зацикленность Паттерна на борьбе со свинцом дала два важных результата. Во-первых, когда он максимально вычистил свою лабораторию, ему удалось дать наиболее точную на сегодняшний день оценку возраста Земли – 4,55 миллиарда лет. Во-вторых, эта непримиримость помогла Паттерсону стать общественным активистом. Именно его мы должны поблагодарить за то, что наши дети больше не едят чипсов с красителями, содержащими свинец, а на автоматах на бензозаправочных станциях уже никто не клеит рекламы «не содержит свинца». Заслуга Паттерсона в том, что запрет свинцовых красителей сегодня представляется как нечто само собой разумеющееся, и мы знаем, что автомобиль не должен выбрасывать в воздух свинец, который потом осядет у нас на волосах и в легких.

Итак, Паттерсону удалось определить дату рождения Земли, но это лишь один из многих вопросов. Венера, Меркурий и Марс появились одновременно с нашей планетой, но они совершенно не похожи на Землю, за исключением некоторых общих поверхностных деталей. Чтобы сложить воедино все мелкие подробности нашей истории, ученым предстояло пробраться по некоторым темным коридорам, пролегающим по таблице Менделеева.

В 1977 году отец и сын, физик и геолог Луис и Уолтер Альваресы изучали в Италии залежи известняка, сформировавшиеся примерно в ту же эпоху, когда вымерли динозавры. Слои известняка казались равномерными, но оказалось, что в узкой прослойке, образовавшейся около 65 миллионов лет назад (именно тогда и произошло это массовое вымира-

ние), присутствуют едва заметные следы красной глинистой пыли. Еще более удивительным было то, что содержание элемента иридия в этой глине в шестьсот раз превышает его обычный уровень. Иридий – сидерофил, так называются «железолюбивые»[41] элементы. Именно поэтому бóльшая часть иридия сосредоточена в расплавленном железном ядре нашей планеты. Основными источниками иридия являются железные метеориты, астероиды и кометы – что и заставило Альваресов призадуматься.

На многих небесных телах, например на Луне, зияют кратеры от древнейших столкновений с космическими камнями. Нет никаких причин полагать, что Земля избежала подобных «бомбардировок». Если 65 миллионов лет назад в Землю действительно врезался такой космический странник размером с большой город, то он мог присыпать всю планету толстым слоем пыли, насыщенной иридием. Это колоссальное облако пыли должно было окутать всю планету и погубить значительную часть растительности. Такой катаклизм вполне мог бы привести к тому, что не только динозавры, но и 75 % всех видов (99 % существ, обитавших на Земле в ту эпоху) вымерли за очень короткое время. Убедить в этой гипотезе научное сообщество было непросто, но Альваресы вскоре установили, что слой иридиевой пыли прослеживается по всему миру. Это позволило уверенно исключить альтернативную гипотезу о том, что залежи пыли являются последствием выброса, сопровождавшего взрыв какой-то близкой сверхновой. Когда другие геологи (работавшие на нефтедобывающую компанию) открыли на полуострове Юкатан в Мексике кратер шириной 180 километров и глубиной около 900 метров, образовавшийся около 65 миллионов лет назад, теория об астероиде, иридии и вымирании динозавров получила веское подтверждение.

Правда, сохранялись небольшие сомнения, всегда сопровождающие научный поиск. Допустим, астероид затмил небо пылью, вызвал кислотные дожди и километровые цунами, но за несколько десятков лет все должно было прийти в норму. Загвоздка, в том что, по данным археологии, вымирание динозавров растянулось на сотни и даже тысячи лет. Сегодня многие геологи полагают, что крупные вулканы, располагавшиеся на территории современной Индии, по случайному совпадению активно извергались незадолго до юкатанского взрыва и вскоре после него, внеся свою лепту в уничтожение динозавров. В 1984 году некоторые палеонтологи стали доказывать, что вымирание динозавров вписывается в длительную периодическую закономерность; возможно, примерно каждые 26 миллионов лет на Земле происходят массовые вымирания видов. Вдруг мы имеем дело с простым совпадением: астероид упал на Землю, когда эра динозавров близилась к концу?

Геологи начали обнаруживать и другие слои красной глины, богатой иридием. Эти вкрапления хронологически совпадали с другими крупными вымираниями видов. Вслед за Альваресами некоторые люди стали полагать, что именно астероиды или кометы вызывали все подобные катаклизмы в истории Земли. Альварес-отец считал эту идею сомнительной, в особенности потому, что никто не мог объяснить ее наиболее важную и совершенно неправдоподобную деталь – регулярность таких космических катастроф. Интересно отметить, что Альварес изменил свое мнение благодаря еще одному неприметному элементу – рению.

Коллега Альвареса-старшего Ричард Мюллер вспоминал в своей книге «Немезида», как однажды в 80-е годы Альварес ворвался к нему в кабинет, размахивая перед собой «смехотворной» спекулятивной статьей о периодических вымираниях, на которую он должен был написать экспертную рецензию. Луис уже кипел от гнева, но Мюллер решил еще сильнее его раззадорить. Двое ученых стали спорить до хрипоты. Суть аргументации Альвареса, по версии Мюллера, была такова: учитывая беспредельные размеры космоса, Земля – про-

---

[41] Другие сидерофилы, осмий и рений, помогли ученым установить, как сформировалась Луна. Это произошло в результате катастрофического столкновения очень молодой Земли с астероидом или кометой. Луна собралась из обломков, образовавшихся после этого удара.

сто микроскопическая цель. Астероид, пролетающий мимо Солнца, может угодить в нашу планету с вероятностью чуть выше, чем один шанс на миллиард. Происходящие столкновения могут быть исключительно редкими и случайными, неравномерно распределенными во времени. Как же можно полагать, что подобные катаклизмы происходят регулярно?

Мюллер никак не мог обосновать свою точку зрения, но все-таки стал аргументировать *возможность* того, что какое-то явление способно вызывать регулярные падения крупных метеоритов. Наконец дебаты утомили Альвареса, и он потребовал от Мюллера ответить, что же это может быть за явление. Далее наступил момент, который Мюллер описал как «приправленный адреналином миг импровизированной гениальности». Он сел и выпалил, что, возможно, у Солнца есть блуждающая поблизости звезда-спутник, вокруг которой Земля также вращается, но слишком медленно и незаметно для нас. И именно сила притяжения этой звезды направляет на Землю астероиды, когда наша планета в очередной раз сближается с ней. *Вот так*!

Возможно, Мюллер теоретизировал об этой звезде-соседке, позже прозванной Немезидой (в греческой мифологии – богиня возмездия)[42], лишь полусерьезно. Тем не менее эта идея озадачила Альвареса, так как она соблазнительно легко объясняла одно из свойств рения. Как мы помним, для каждой звездной системы характерно свое уникальное соотношение изотопов. В слоях глины, богатой иридием, также прослеживались небольшие примеси рения. Основываясь на соотношении двух типов рения (радиоактивного и нерадиоактивного), Альварес знал, что любой предполагаемый убийственный астероид должен был прилететь из нашей Солнечной системы, так как указанное соотношение в слоях глины было точно таким же, как на Земле. Если Немезида действительно пролетает мимо раз в двадцать шесть миллионов лет и одну за другой сбрасывает на нас космические скалы, то во всех этих астероидах содержание рения также должно быть одинаковым. Важнее всего то, что гипотеза о Немезиде позволяла объяснить, почему динозавры вымирали так медленно. Возможно, мексиканский кратер был лишь самой большой воронкой, возникшей в результате артобстрела, длившегося на протяжении многих тысяч лет, пока Немезида была поблизости. Возможно, следует говорить о миллионах мелких ударов, положивших конец славной эпохе ужасных ящеров, а не об одном смертельном столкновении.

В тот день в кабинете Мюллера возмущение Альвареса мгновенно утихло, как только Луис осознал, что регулярно падающие на Землю астероиды, возможно, реальность. Удовлетворенный, он удалился. Но Мюллер не мог избавиться от своей интуитивной идеи, и чем больше размышлял над ней, тем сильнее убеждался в ее реалистичности. Почему Немезида не может существовать? Он стал беседовать об этом с коллегами-астрономами и публиковать статьи о Немезиде. Собрав доказательства и приложив определенные усилия, он написал свою книгу. В середине 80-х выдалось несколько славных лет, в которые казалось, что если даже Юпитер при достаточной массе мог бы воссиять, то почему у Солнца не может быть звезды-соседки?

К сожалению, в пользу существования Немезиды не было приведено никаких серьезных доказательств. Если первая теория о катастрофическом столкновении Земли с астероидом страдала от нападок критиков, то теория о Немезиде заставила скептиков выстроиться и дать по ней ружейный залп. Казалось крайне маловероятным, что астрономы, в течение многих тысячелетий изучавшие ночное небо, просто просмотрели такое тело, даже если Немезида в последнее время и была максимально удалена от нас. Это тем более маловероятно потому, что если ближайшая к нам звезда, Альфа Центавра, удалена от нас на четыре све-

[42] Немезида карала людей за гордыню. Она следила, чтобы никто из земных тварей не стал слишком высокомерен, жестоко наказывая каждого, кто вознамеривался стать могущественнее богов. Аналогия с гипотетической звездой-соседкой заключается в том, что если земные существа (например, динозавры) начинали развиваться, постепенно становясь все разумнее, то Немезида стирала их с лица Земли прежде, чем они могли в этом преуспеть.

товых года, то Немезида должна была бы приблизиться на половину светового года, чтобы совершить очередное возмездие. До сих пор существуют романтики и убежденные сторонники существования Немезиды, пытающиеся разгадать, где она скрывается. Но чем дольше ее не удается увидеть, тем менее вероятным представляется ее существование.

Тем не менее никогда не следует недооценивать, на что способны люди, которым дали пищу для размышлений. В руках у ученых имелось три факта: регулярные вымирания видов; колебания уровня иридия, предполагающие «космическое вмешательство»; а также уровень рения, подсказывающий, что гипотетические «снаряды» прилетают именно из нашей Солнечной системы. Ученые чувствовали, что напали на какой-то след, даже если эти события не были вызваны Немезидой. Исследователи искали другие циклические явления, способные приводить к подобным результатам. Вскоре возникла идея, что катастрофы могли быть вызваны движением Солнца.

Многие люди полагают, что после революции в астрономии, произведенной Коперником, Солнце заняло незыблемое место во времени и в пространстве, но на самом деле это не так.

Солнце медленно движется под действием «приливных сил» нашей спиральной галактики и немного раскачивается, как на карусели[43]. Некоторые ученые полагают, что именно из-за такого покачивания Солнце иногда приближается к колоссальному облаку дрейфующих комет и другого естественного космического мусора, окружающему нашу систему. Его называют «облаком Оорта». Все объекты из облака Оорта появились одновременно с рождением нашей сверхновой. И всякий раз, когда Солнце оказывается на пике или на дне своей волнообразной траектории, что происходит примерно раз в двадцать шесть миллионов лет, оно может захватывать небольшие опасные тела, которые на огромной скорости летят в сторону Земли. Большинство из них отклоняется под действием гравитации Солнца (или Юпитера, который уберег нас от удара кометы Шумейкеров – Леви), но многие из этих глыб успевают проскользнуть и могут обрушиться на нашу планету. Эта теория пока не доказана, но если она когда-нибудь подтвердится, то окажется, что мы несемся по Вселенной на огромной, смертельно опасной карусели. Как минимум стоит поблагодарить иридий и рений за подсказку об этом. Ведь вскоре нам, возможно, потребуется уклониться от следующего астероида.

В определенном смысле периодическая система практически бесполезна при изучении звездной истории элементов. Все звезды состоят почти исключительно из водорода и гелия, это же можно сказать и о планетах-гигантах. Как ни важен водородно-гелиевый цикл для космологии, сам по себе он малоинтересен. Но чтобы осознать самые интересные детали нашего существования – роль сверхновых или углеродную основу жизни, – нужно изучать периодическую систему. Как писал философ и историк Эрик Скерри, «все элементы кроме гелия и водорода составляют лишь 0,04 процента Вселенной. Казалось бы, вся остальная периодическая система не имеет особого значения. Но, как бы то ни было, мы живем на Земле, а на этой планете набор элементов гораздо сложнее».

Это верная мысль, но ныне покойному астрофизику Карлу Сагану удалось выразить ее гораздо поэтичнее. Без ядерных печей, описанных в статье B2FH (как мы помним, там появились важнейшие элементы, в частности углерод, кислород, азот), и без взрывов сверхновых, способных засеять жизнью такие гостеприимные места, как Земля, нас бы никогда не существовало. Как красиво сказал Саган, «Все мы – звездная материя».

---

[43] По иронии судьбы, если бы можно было взглянуть на движение Солнца издалека, то оно напоминало бы придуманные древними астрономами хитросплетения и эпициклы, при помощи которых они силились объяснить старинные, докоперниковские представления о космосе (но сегодня известно, что Земля никак не является «центром» чего-либо, даже с большой натяжкой). Как и пример с Мишером и белка́ми, этот факт напоминает о циклической природе всех идей, даже в науке.

К сожалению, горькая правда звездной истории такова, что сагановская «звездная материя» распределена на нашей планете крайне неравномерно. Несмотря на то, что при взрыве сверхновой элементы распространялись во всех направлениях и многократно перемешивались в полужидкой незастывшей Земле, в некоторых регионах планеты концентрация редких минералов гораздо выше, чем в других.

Иногда, как в Иттербю, такое разнообразие становится пищей для научного гения. Но гораздо чаще такое изобилие порождает алчность и хищничество, особенно если какие-то малоизвестные элементы находят применение в бизнесе, на войне или даже в обеих этих сферах одновременно.

5. Элементы на войне

Многие столпы современной культуры, в частности демократия, философия, драматургия, уходят корнями в древнегреческую эпоху. То же можно сказать и о химическом оружии. Когда в 400 году до н. э. войска Спарты осадили Афины, спартанцы решили принудить неуступчивого соперника к капитуляции, просто выкурив его из города. При этом была применена наиболее совершенная химическая технология того времени – дымовая атака. Немногословные спартанцы подошли к Афинам с вязанками ядовитой древесины, дегтем и зловонной серой. Затем они подожгли все это и затаились вокруг окруженного города, ожидая, пока беззащитные кашляющие афиняне в панике побегут, оставив свои дома на разграбление. Несмотря на то что это была не менее блестящая тактическая находка, чем троянский конь, она не сработала. Клубы ядовитого дыма пронеслись по городу, но он выдержал эту газовую атаку, а позже афиняне вышли победителями из этой войны[44].

Эта неудача оказалась лишь предвестницей многих других. Приемы химической войны практически не совершенствовались на протяжении следующих двадцати четырех веков и оставались крайне примитивными – например, известны случаи обливания врагов кипящим маслом. Вплоть до Первой мировой войны газы не имели почти никакого стратегического значения. Дело не в том, что государства нового времени не осознавали их силы. Все научно развитые страны мира кроме одной воздержавшейся, подписали в 1899 году Гаагскую конвенцию о запрете химического оружия в боевых действиях. Но эта воздержавшаяся страна – Соединенные Штаты Америки – обосновала свою точку зрения. Американцы считали лицемерной мерой запрет газов (которые на тот момент были не более опасны, чем перцовый аэрозоль) со стороны тех держав, которые ничтоже сумняшеся косили восемнадцатилетних юнцов из пулеметов и топили боевые корабли торпедами, обрекая матросов на гибель в холодном море. Представители других стран, понося американский цинизм, демонстративно подписали Гаагский пакт, но уже очень скоро нарушили данное слово.

Ранние секретные разработки химического оружия касались в основном брома – элемента-гранаты. Как и другие галогены, бром имеет на внешнем энергетическом уровне семь электронов и отчаянно пытается приобрести восьмой. Бром действует по принципу «цель оправдывает средства» и образует вокруг атомов других, более слабых элементов прочные клетки, чтобы иметь возможность распоряжаться электронами своих узников. Таким слабым элементом может оказываться и углерод. Бром особенно сильно раздражает глаза и нос, и к 1910 году армейские химики разработали на основе брома такие сильные слезоточивые газы, которые вполне могли вывести из строя взрослого человека.

Французское правительство имело полное право использовать слезоточивые газы против собственных граждан (ведь Гаагская конвенция касалась только боевых действий). В 1912-м при помощи ацетата брома были нейтрализованы и задержаны опасные грабители французских банков, собравшиеся на сходку. Известия об этом событии быстро долетели до соседей Франции, у которых появились серьезные основания для беспокойства. Когда в августе 1914 года разразилась Первая мировая война, французы немедленно встретили наступавшие немецкие войска бромовыми снарядами. Но даже спартанцам за два с лишним тысячелетия до этого химическая атака удалась лучше. Снаряды попали на продуваемую ветром равнину, и газ не оказал практически никакого эффекта – его унесло ветром еще

---

[44] Подробнее об истории химической войны, особенно с участием американских армий, можно прочитать в работе майора Чарльза Э. Хеллера Chemical Warfare in World War I: The American Experience, 1917–1918 в сборнике Leavenworth Papers. Этот сборник публикуется при участии Исследовательского института боевых разработок армии США и Колледжа командного состава и генерального штаба армии США. Эти учреждения расположены в городе Форт-Ливенворт, штат Канзас.

до того, как немцы поняли, что их «атакуют». Тем не менее правильно было бы сказать, что бромовые снаряды не оказали *сиюминутного* эффекта, поскольку вскоре истерические слухи о боевом газе заполонили газеты, как во Франции, так и в Германии. Немцы только подливали масла в огонь. Как раз в то время в одном немецком бараке произошел несчастный случай – массовое отравление угарным газом. Германия заявила, что здесь было применено секретное французское удушающее вещество. Это делалось для оправдания собственной немецкой программы по разработке химического оружия.

Благодаря одному человеку – лысому усатому химику в пенсне – немецкие исследования боевых газов вскоре стали самыми передовыми в мире. Фриц Габер был одним из величайших гениев за всю историю химии, а около 1900 года стал и одним из известнейших ученых в мире. Дело в том, что именно Габер нашел способ превращать самый распространенный в мире газ – атмосферный азот – в промышленный продукт. Конечно, в чистом азоте можно задохнуться, но вообще этот газ практически безвреден или даже совершенно бесполезен. Единственная важная функция азота – удобрение почвы. Для растений он не менее важен, чем витамин С – для человека. Кстати, когда росянка и венерина мухоловка охотятся на насекомых, они стремятся высосать из своих жертв именно азот. Но даже при том, что азот составляет около восьмидесяти процентов атмосферы – четыре из пяти вдыхаемых нами молекул, – он удивительно плохо накапливается в почве, так как он почти ни с чем не реагирует и не связывается в почве. Неудивительно, что такая комбинация изобилия, практической непригодности и важности привлекала многих амбициозных химиков.

Процесс «захвата» азота, изобретенный Габером, – многоступенчатый. В ходе него образуется и разлагается множество химических соединений. Вкратце процесс сводился к следующему: Габер нагревал азот до нескольких сотен градусов, впрыскивал в него водород, увеличивал давление так, что оно в сотни раз превышало атмосферное, добавлял важнейший катализатор – осмий, и все: обычный газ превращался в аммиак, NH_3, сырье для всех удобрений. Когда стали доступны дешевые удобрения, которые получали в промышленных масштабах, крестьяне могли питать почву уже не только компостом или навозом.

К началу Первой мировой войны Габер, вероятно, спас миллионы людей от мальтузианского голода[45], и мы до сих пор должны быть благодарны ему, так как его технология кормит большинство из семи миллиардов наших современников[46].

Однако самого Габера мало интересовали удобрения, хотя иногда он утверждал обратное. В действительности он стремился получать дешевый аммиак, чтобы помочь Германии синтезировать взрывчатые вещества. Речь идет о бомбах из очищенных удобрений вроде той, при помощи которой Тимоти Маквей подорвал федеральное здание в Оклахома-Сити в 1995 году[47]. Горькая правда такова, что люди, подобные Габеру, нередко появляются в истории. Их можно назвать «высокомерными фаустами», превращающими научные достижения в новые эффективные средства для массовых убийств. История Габера еще мрачнее, учитывая, насколько он был умен. Вскоре после начала Первой мировой войны немецкое военное руководство стало искать пути к прекращению позиционного (окопного) противостояния, обескровливавшего экономику. Тогда в отдел разработки химического оружия был приглашен Габер. Ученый решил воспользоваться теми серьезными выгодами, которые были связаны с работой на правительство и основывались на использовании «аммиачных патентов», но не мог так быстро забросить другие свои исследования. Весь отдел вскоре стали назы-

---

[45] Томас Мальтус – английский экономист (1766–1834), утверждавший, что неконтролируемый рост населения рано или поздно приведет к глобальному голоду. – *Прим. пер.*

[46] Среди многих изобретений, которые появились благодаря предложенному Габером синтезу аммиака, следует назвать первую рабочую модель мазера (прообраза лазера), сконструированную Чарльзом Таунсом. Аммиак применялся в мазере в качестве стимулятора

[47] Тимоти Маквей (1968–2001) – организатор крупнейшего в XX веке теракта в США. – *Прим. пер.*

вать «кабинетом Габера», а военные даже помогли ему (сорокашестилетнему еврею, принявшему лютеранство) получить чин капитана, что было необходимым условием для карьерного роста. Габер по-детски этим гордился.

Его родных эта ситуация воодушевляла куда меньше. Габеровские настроения истинного фатерляндца испортили его отношения с близкими людьми, особенно с женой, Кларой Иммервар, – единственной, кто мог бы на него повлиять. Она была очень умной женщиной, первой, кому удалось получить степень доктора философии в родном городе Габера Бреслау (ныне Вроцлав в Польше). Но, в отличие от своей современницы Марии Кюри, Иммервар так и не состоялась в науке, поскольку вышла замуж не за такого открытого и прогрессивного человека, как Пьер Кюри, а за Габера. Нельзя сказать, что брак получился совсем неудачным для женщины с научными амбициями, но Габер, при всей его химической гениальности, был порочным человеком. Как отметил один историк, «Иммервар никогда не снимала передника», а она сама однажды горестно призналась подруге, что «Фриц так выпячивает себя в нашем браке, что он просто раздавил бы женщину, которая не стала бы все сносить так безропотно, так это делаю я». Она во всем поддерживала Фрица, переводя его рукописи на английский язык и во всем помогая ему в работах с азотом. Но Клара отказалась иметь дело с разработками бромовых газов.

Габер этого практически не заметил. Десятки молодых химиков желали работать под его началом, так как Германия проигрывала ненавистной Франции химическую войну. К началу 1915 года немцам было нечего противопоставить французскому слезоточивому газу. Особенно предосудительным кажется то, что немцы впервые испытали химические снаряды в бою против англичан, у которых не было своих газов. К счастью, как и при первой французской газовой атаке, ветер рассеял газ, и британцы, изнывавшие от скуки в окопах, даже не поняли, что были под обстрелом.

Немецких генералов это ничуть не смутило, они решили потратить еще больше средств на разработку химического оружия. Но вот незадача – пришлось бы нарушить тот досадный гаагский пакт, чего политические лидеры не хотели (вновь) делать открыто. Было принято решение интерпретировать документ предельно буквальным образом (при этом существенно искажая его суть). Подписав пакт, Германия соглашалась на «неупотребление снарядов, имеющих единственным назначением распространять удушающие или вредоносные газы». Немецкие юристы, внимательно изучившие эту формулировку, пришли к выводу, что документ не запрещает использовать снаряды, поражающие противника *и газом, и шрапнелью.* Потребовались некоторые хитроумные инженерные ухищрения – ведь текучий жидкий бром, превращавшийся в газ при ударе, оказался ненадежным оружием из-за непредсказуемой траектории снаряда. Но немецкая военно-промышленно-научная машина смогла справиться с этой проблемой. Пятнадцатисантиметровый снаряд стали наполнять ксилилбромидом, каустическим слезоточивым веществом. Такое оружие было готово к концу 1915 года. Немцы называли новый газ «вайскройц», что означает «белый крест». Вновь не ввязываясь в химическую войну с Францией, Германия перебросила свои мобильные военно-химические бригады на восток, где обрушила восемнадцать тысяч «белых крестов» на русские части. Необходимо отметить, что эта попытка окончилась еще бóльшим провалом, чем первая. В России стояли такие холода, что ксилилбромид просто замерз.

Габер, изучавший провальные результаты этих полевых испытаний, отказался от использования брома и принялся за исследование его ближайшего «родственника» – хлора. Хлор находится в периодической системе прямо над бромом и гораздо более ядовит при вдыхании. Он более агрессивно атакует другие элементы, вырывая у них восьмой электрон. Поскольку атомы хлора гораздо мельче, чем у брома, – по весу почти вполовину, – этот газ поражает человеческие клетки гораздо более метко. В результате отравления хлором кожа жертвы желтеет, зеленеет и чернеет, на глазах развивается катаракта. Несчастные попросту

захлебываются жидкостью, которая быстро накапливается у них в легких. Если бромистые газы можно сравнить с фалангой пехотинцев, атакующих слизистые оболочки, то хлор напоминает скоростной танк, сметающий оборону организма, разрывающий носовые пазухи и легкие.

Именно по вине Габера потешные перестрелки бромовыми снарядами уступили место безжалостным хлорным бойням, которые красочно описаны в исторических книгах. Солдаты, сражавшиеся против Германии, вскоре научились бояться хлорных соединений «грюнкройц» (зеленый крест), «блаукройц» (синий крест), а также кошмарного кожнонарывного вещества «гельбкройц» (желтый крест), получившего известность под названием «горчичный газ». Габер, которого не удовлетворяла одна лишь слава ученого, с энтузиазмом продолжал исследования и добился первой в истории успешной газовой атаки. В грязных окопах близ французской реки Ипр остались лежать пять тысяч обезумевших французов, обожженных и покрытых рубцами. В свободное время Габер также открыл страшный биологический закон, получивший название «правило Габера». Это правило выражает количественное отношение между концентрацией газа, длительностью его воздействия и уровнем смертности.

Вероятно, для формулировки этого закона понадобился немалый объем чудовищных данных.

Клара пришла в ужас от этих газовых проектов и уже в самом начале работ требовала от Фрица, чтобы он прекратил эти исследования. Как обычно, муж пропускал ее слова мимо ушей. На самом деле, он всерьез скорбел, когда несколько его коллег погибли на работе при постановке очередного газового опыта. Но, вернувшись с Ипра, Габер задал званый ужин, чтобы отпраздновать успех нового оружия. Хуже того, Клара узнала, что Фриц планирует провести дома лишь одну ночь, а потом снова отправиться на фронт (теперь на восточный) и руководить новыми атаками. Супруги сильно поругались. В ту же ночь Клара вышла в домашний сад, прихватив армейский пистолет мужа, и выстрелила себе в сердце. Несомненно, Фриц был в отчаянии, но не мог позволить себе слабости. Не оставив никаких распоряжений об организации похорон, он отбыл следующим же утром, как и планировал.

Благодаря Габеру, Германия приобрела на фронте бесспорное преимущество, но в конце концов проиграла эту войну, которая, казалось, была последней крупной войной в истории.

Отныне немцев презирали во всем мире как нацию негодяев. Отношение к Габеру оказалось более противоречивым. В 1919 году, когда еще не успела осесть (газовая) пыль мировой войны, Габер получил Нобелевскую премию по химии за 1918 год, которая оставалась без обладателя, так как Нобелевский комитет приостановил работу на время войны. Премия была вручена за изобретение процесса получения аммиака из азота, пусть даже удобрения Габера не смогли спасти тысячи немцев, умерших от голода в годы войны. Через год Габера обвинили в военных преступлениях за разработку химического оружия. Из-за его исследований остались искалечены сотни тысяч людей, а еще миллионы пребывали в ужасе.

На этом беды Габера не закончились. Германия была обязана выплатить Антанте по итогам войны огромные репарации. Это казалось Габеру унизительным, и он потратил шесть лет, тщетно пытаясь наладить добычу золота из морской воды, надеясь, что сможет погасить долги родины самостоятельно. Параллельно он вел и другие, не менее бесплодные проекты. Единственная работа, благодаря которой Габер пользовался вниманием в те годы (кроме консультаций по применению химического оружия, которые он пытался выгодно продать советскому руководству), заключалась в создании инсектицидов. Еще до войны Габер изобрел газ «Циклон-А». Одна немецкая химическая компания поработала над его формулой в послевоенные годы и синтезировала усовершенствованный, значительно более смертоносный газ. Прошло еще немного времени, и в Германии установился новый

режим, не отличавшийся хорошей исторической памятью. Вскоре нацисты изгнали Габера из страны за его еврейские корни. Ученый умер в 1934 году на пути в Англию, где надеялся найти приют. Тем временем работа над инсектицидами продолжалась. А всего через несколько лет немцы погубили в газовых камерах миллионы евреев, в том числе родственников Габера. Для этих массовых убийств использовался ядовитый газ второго поколения – «Циклон Б».

* * *

Германия избавилась от Габера не только из-за его еврейского происхождения, но и потому, что его считали отработанным материалом. Параллельно с инвестициями в химическое оружие в годы Первой мировой войны немецкие милитаристы всерьез интересовались другой группой элементов периодической системы. В итоге немцы пришли к выводу, что уничтожение вражеских солдат при помощи двух других элементов – молибдена и вольфрама – более эффективно, чем сжигание дыхательных путей хлором и бромом. Опять же, война превратилась в цепочку простых химических реакций. Вольфраму предстояло стать незаменимым металлом уже в годы Второй мировой войны, но история молибдена в некотором отношении даже более интересна. Мало кто знает, что самая отдаленная от основных фронтов битва Первой мировой войны имела место не в Сибири и не в Азии, где сражался Лоуренс Аравийский, а на молибденовой шахте в Скалистых горах на территории штата Колорадо.

Если не считать боевых газов, самым страшным оружием немцев были их «Большие Берты». Эти сверхтяжелые осадные пушки с одинаковым успехом разносили в прах и французские и бельгийские редуты, и боевой дух солдат. Первые «Берты», каждая из которых весила по 43 тонны, приходилось транспортировать к лафету частями на тягачах. Сборку пушки двести человек выполняли за шесть часов. Такое орудие могло в считаные секунды отправить шестнадцатидюймовый снаряд весом почти в тонну на 14,5 километров. Правда, «Берты» имели один серьезный недостаток. Чтобы выстрелить таким снарядом, требовалась масса пороха, при сгорании которого орудие очень сильно разогревалось. В свою очередь, из-за таких высоких температур шестиметровые стальные стволы обгорали и искривлялись. Через несколько дней такой артиллерийской подготовки пушка приходила в негодность, даже если производить всего несколько выстрелов в час.

Знаменитая оружейная компания «Крупп», никогда не бывавшая внакладе, производя арсеналы для Фатерлянда, разработала способ упрочнения стали: оказалось, ее нужно соединять с молибденом. Молибден способен противостоять исключительно высоким температурам, так как плавится на отметке 2623 °C, более чем на тысячу градусов выше, чем железо, основной компонент стали. Атомы молибдена крупнее, чем у железа, поэтому переходят в возбужденное состояние медленнее. Кроме того, у атомов молибдена на 60 процентов больше электронов, чем у железа, поэтому они поглощают больше тепла и прочнее связываются друг с другом. Необходимо также отметить, что атомы твердых веществ спонтанно и зачастую чрезвычайно сильно перестраиваются при изменении температуры (подробнее об этом явлении – в главе 16). Это приводит к хрупкости металла, который трескается и разрушается. При легировании стали молибденом атомы железа «склеиваются» и перестают распадаться. Немцы не первыми заметили такое свойство молибдена. Уже в XIV веке один искусный японский мастер добавлял молибден в свое оружие и ковал самые лучшие на островах самурайские мечи, которые никогда не притуплялись и не трескались от времени. Но этот японский Вулкан[48] унес свой секрет в могилу, и его знания были утеряны на века. Этот

[48] В древнеримской мифологии Вулкан – бог огня и покровитель кузнечного дела. – *Прим. пер.*

случай еще раз доказывает, что передовая технология не всегда распространяется и со временем может забыться.

Вернемся на фронты Первой мировой. Через некоторое время немцы с успехом перепахивали французские и британские окопы, обстреливая их из новых пушек, изготовленных из молибденовой стали. Но уже скоро германским силам пришлось столкнуться с новой проблемой – страна не имела надежных источников молибдена и вот-вот должна была израсходовать его запасы. Единственным известным на тот момент месторождением этого металла была почти обанкротившаяся полузаброшенная шахта у горы Бартлетт в штате Колорадо.

Еще до Первой мировой войны местный промышленник заявил свои права на месторождение Бартлетт, открыв там жилы руды, напоминавшей свинцовую или оловянную. Эти металлы стоили считаные центы за килограмм, но молибден, который, как оказалось, в изобилии содержится в этой шахте, стоил и того меньше. Поэтому хозяин вскоре продал свои права на разработку некому Отису Кингу, тучному коренастому банкиру из Небраски. Кинг, отличавшийся деловой хваткой, применил новый метод извлечения металла. Вскоре он извлек из породы более 2,5 тонн чистого молибдена, что его практически разорило. Такое количество металла на 50 процентов покрывало годовой общемировой спрос на молибден: Кинг не просто наполнил рынок, но и обрушил его. Американское правительство отметило новаторский подход, примененный Кингом, и его предприятие было упомянуто в минералогическом вестнике за 1915 год.

Почти никто не обратил внимания на эту заметку, кроме представителей колоссальной транснациональной металлургической компании, центр которой был расположен во Франкфурте-на-Майне, а американское представительство – в Нью-Йорке. По свидетельствам современников, металлообрабатывающий концерн Круппа располагал множеством плавилен, шахт, очистительных заводов и раскинул свои «щупальца» по всему миру. Как только руководители компании, близко общавшиеся с Фрицем Габером, узнали о копях Кинга, они связались со своим главным представителем в Колорадо, Максом Шоттом, и приказали прибрать к рукам Бартлетт-Маунтин.

Макс Шотт, о котором говорили, что он обладает «гипнотическим пронизывающим взглядом», нанял молодчиков, которым поручил захватить старательский участок Кинга и застолбить выработки, а также развернул судебную тяжбу с Кингом, нанося непоправимый ущерб уже пошатнувшемуся бизнесу американца. Захватчики все более агрессивно давили на горняков, угрожая их женам и детям, разоряя их лагеря в самую холодную зимнюю пору, когда температура падала до двадцати градусов ниже нуля. Пытаясь защитить шахту, Кинг обратился за помощью к отъявленному головорезу по кличке Адамс – Два Ствола. Но немецкие агенты все-таки добрались до Кинга, встретив его с ножами и кирками на горном перевале и столкнув с отвесной скалы. Делец выжил только благодаря тому, что угодил в глубокий сугроб. Как отмечала в своих воспоминаниях невеста одного шахтера, немцы пошли «на все, кроме открытой бойни, чтобы сорвать работу компании». Суровые рабочие Кинга с трудом умели произносить название металла, который добывали в этой глуши, рискуя жизнью, и называли его просто «проклятая Молли»[49].

Кинг с трудом представлял, зачем эта Молли могла понадобиться в Германии, но он был единственным не-немцем во всей Северной Америке и Европе, у кого были хоть какие-то предположения. Только в 1916 году, когда британцам удалось захватить немецкие орудия и, расплавив пушки, определить их состав, союзники догадались, что за «вундерметалл» (чудесный металл) подмешивали туда немцы. Тем временем стычки в Скалистых горах не утихали. Соединенные Штаты вступили в Первую мировую войну только в 1917 году, поэтому у них не было никаких особых причин присматриваться к деятельности пред-

[49] Игра слов: слово «молибден» созвучно выражению «Molly be damned» – «проклятая Молли». – *Прим. ред.*

ставительства Круппа в Нью-Йорке, особенно учитывая «патриотическое» название этой дочерней компании – «Америкэн Метал». Именно на «Америкэн Метал» работали молодчики Макса Шотта, и, когда в 1918 году у властей возникли закономерные вопросы к Шотту, тот заявил, что владеет шахтой на законных основаниях, так как запуганный Отис Кинг продал ее немецкому агенту за жалкие 40 тысяч долларов. Кроме того, Шотт признавал, что просто так сложилось, что он поставлял молибден в Германию… Федеральные власти быстро заморозили активы Круппа в США и взяли под контроль Бартлетт-Маунтин. К сожалению, эти меры были приняты слишком поздно, чтобы нейтрализовать немецкие «Большие Берты». Еще в 1918 году Германия обстреливала Париж из молибденовых стволов с умопомрачительной дистанции в 120 километров.

После войны справедливость в какой-то мере восторжествовала. Компания Шотта обанкротилась в 1919 году, когда цены на молибден резко упали. Кинг вернулся к своему бизнесу и стал миллионером, убедив Генри Форда использовать молибденовую сталь в автомобильных двигателях. Но молибден навсегда покинул театры военных действий. К моменту начала Второй мировой войны молибден уступил свое место в сталелитейной промышленности другому элементу, который находится в периодической системе прямо под ним. Этим элементом был вольфрам.

Слово «вольфрам» (химический символ W) можно перевести с немецкого языка как «волчья пена», и этот «волчий» металл действительно сыграл мрачную роль в войне. Нацистская Германия высоко ценила вольфрам, применявшийся для производства механизмов и бронебойных снарядов. Для немцев вольфрам был притягательней трофейного золота, за которое нацистские функционеры с готовностью приобретали вольфрам. А кто же продавал вольфрам немцам? Не Италия и Япония – другие страны Оси, и не те государства, которые немцам удалось оккупировать (в частности, под властью немцев оказались Бельгия и Польша). Это была официально нейтральная Португалия, чей вольфрам так хорошо утолял волчий аппетит германской военной промышленности.

В годы войны Португалия оставалась противоречивой страной. Она сдавала в аренду союзникам важнейшую авиабазу на Азорских островах в Атлантическом океане, и все, кто видел фильм «Касабланка», знают, как сильно стремились беженцы попасть в столицу Португалии Лиссабон, откуда можно было спокойно улететь в Великобританию или Соединенные Штаты.

Тем не менее португальский диктатор Салазар сквозь пальцы смотрел на присутствие сторонников нацистов в своем правительстве и предоставлял убежище для шпионов Оси. Кроме того, он достаточно лицемерно поставлял тысячи тонн вольфрама обоим воюющим лагерям одновременно. Салазар имел звание профессора экономики, которое блестяще оправдывал, обращая фактическую вольфрамовую монополию Португалии (почти 90 процентов европейских запасов) в огромные прибыли. Во время войны вольфрам стоил почти в тысячу раз дороже, чем в мирное время. Такая позиция могла бы показаться обоснованной, имей Португалия длительные довоенные торговые связи с Германией – в таком случае страна оправданно защищала бы свои рынки сбыта, чтобы защититься от бедности в военные годы. Но Салазар начал поставлять в Германию существенные объемы вольфрама лишь в 1941 году. Очевидно, он полагал, что нейтралитет позволяет драть шкуры со всех участников войны.

Вольфрамовый бизнес сводился к следующему. Усвоив урок с молибденом и отлично понимая стратегическое значение вольфрама, Германия старалась запасать этот металл до тех пор, пока не стали портиться отношения с Польшей и Францией. Вольфрам – один из самых прочных металлов в природе, из сплавов вольфрама и стали получаются превосходные бурильные головки и лесопильные рамы. Кроме того, даже среднего размера снаряды, усиленные вольфрамом, – так называемые снаряды ударного действия – легко выво-

дили из строя танки. Причина, по которой вольфрам превосходит любые другие добавки к стали, понятна из периодической таблицы. Вольфрам находится на один период ниже молибдена, поэтому два металла имеют схожие свойства. Но у вольфрама еще больше электронов, поэтому он плавится лишь при температуре около 3380 °C. Кроме того, поскольку атом вольфрама гораздо тяжелее, чем атом молибдена, он еще лучше удерживает вокруг себя атомы железа. Помните, каким убийственным оказывался меткий хлор при газовых атаках? Но, когда речь идет о металлах, твердость и крепость вольфрама сложно переоценить.

Вольфрам оказался незаменим, так что расточительные нацисты истратили все свои запасы к 1941 году, и тогда проблемой занялся уже сам фюрер. Гитлер приказал своим приспешникам закупить столько вольфрама, сколько могли увезти поезда через покоренную Францию. Прискорбно, но никакого «черного рынка» этого сероватого металла не существовало, весь процесс был крайне прозрачен. Вольфрам везли из Португалии через фашистскую Испанию, еще одно «нейтральное» государство. То золото, которое немцы в изобилии отобрали у евреев – в том числе из зубных коронок, собранных с трупов удушенных в газовых камерах людей, – отмывалось в банках Лиссабона и Швейцарии, еще одной нейтральной страны. Еще долгие годы правление крупнейшего лиссабонского банка настаивало, что его сотрудники не имели ни малейшего понятия, что 44 тонны полученного ими золота были грязными, несмотря на то что на многих слитках была отчеканена свастика.

Даже непреклонной Британии приходилось закрывать глаза на то, откуда берется вольфрам, убивающий ее солдат. В неофициальной беседе премьер-министр Уинстон Черчилль назвал португальскую торговлю вольфрамом «постыдным делом», но, чтобы это высказывание не истолковали неверно, добавил, что «вполне понимает» Салазара, поставляющего вольфрам открытым врагам Великобритании. И опять в лагере союзников нашелся справедливый критик – США. Весь этот голый капитализм, выгодный национал-социалистической Германии, провоцировал на рынке Соединенных Штатов все новые апоплексические удары. Американские власти просто не могли понять, почему Великобритания не порекомендует Португалии или даже не принудит ее отказаться от такого выгодного нейтралитета.

Только после длительного американского давления Черчилль согласился помочь оказать нажим на диктатора Салазара.

До тех пор Салазар (если не учитывать морального аспекта этой ситуации) блестяще водил за нос руководителей союзников и стран Оси, потчуя их туманными обещаниями, заключая секретные соглашения и занимая выжидательную позицию, пока поезда с вольфрамом неслись по рельсам. Он смог увеличить стоимость единственного стратегического ресурса своей страны с 1100 долларов за тонну в 1940 году до 20 тысяч долларов в 1941-м и накопил в банках 170 миллионов долларов всего за три года бурных спекуляций. Только когда кончились все отговорки, Салазар установил полное эмбарго на поставку вольфрама нацистам – это произошло 7 июля 1944 года. Сутками ранее союзники высадились в Нормандии, у военачальников было слишком много дел, чтобы сводить счеты с Салазаром, который у многих не вызывал ничего кроме отвращения. Насколько помню, это Ретт Батлер из фильма «Унесенные ветром» сказал, что состояния сколачиваются лишь тогда, когда создаются или рушатся империи, и Салазар, несомненно, обеими руками подписался бы под этими словами. В пресловутой вольфрамовой войне именно португальский диктатор оказался настоящим оборотнем и хорошо посмеялся последним.

Вольфрам и молибден стали лишь первыми ласточками настоящей металлической революции, которая развернулась во второй половине XX века. Три четверти всех элементов являются металлами, но, если не считать алюминия, железа и некоторых других, большинство из них до Второй мировой войны считались лишь бесполезными значками в периодической системе. Поистине эта книга не могла быть написана и сорок лет назад – рассказать было бы практически нечего. Но примерно с 1950 года почти все металлы нашли свое

место. Гадолиний незаменим для магнито-резонансной томографии (МРТ). Неодим позволяет создавать лазеры беспрецедентной мощности. Скандий в настоящее время используется как вольфрамоподобная присадка в алюминиевых бейсбольных битах и велосипедных рамах. В Советском Союзе в 1980-е годы скандий применялся в производстве легких вертолетов. Говорят даже, что он входил в состав наконечников советских межконтинентальных баллистических ракет, спрятанных глубоко в Арктике. Оснащенные таким образом боеголовки легко пробивали бы толстые слои льда.

Увы, при всех технологических прорывах в ходе технологической революции из-за некоторых элементов продолжали вспыхивать войны – и не когда-то давно, а в последние десять лет. Примечательно, что два металла, о которых пойдет речь, названы в честь персонажей древнегреческой мифологии, на долю которых выпали ужасные страдания. Ниоба навлекла на себя гнев богов, хвастаясь своими семью прекрасными дочерями и семью мужественными сыновьями. Боги-олимпийцы, которых ничего не стоило уязвить, вскоре перебили ее детей, наказав мать за дерзость. Тантал, отец Ниобы, убил собственного сына и приказал подать его мясо на царском пиру. В наказание боги обрекли Тантала вечно стоять по горло в реке, а прямо над головой у него висела ветвь со спелыми яблоками. Но стоило ему попытаться попробовать плод или глотнуть воды, как ветвь ускользала от рук, а вода отступала. Итак, мифологические Тантал и Ниоба страдали от недосягаемости благ и от невосполнимых потерь. Но каждый десятый житель Экваториальной Африки погиб именно из-за того, что здесь в избытке встречаются названные в их честь элементы. Вполне вероятно, что какое-то количество тантала и ниобия сейчас лежит у вас в кармане. Как и их соседи по периодической системе, оба металла отличаются высокой плотностью, устойчивостью к высоким температурам, не подвержены коррозии и хорошо держат электрический заряд. В середине 1990-х годов производители сотовых телефонов резко взвинтили спрос на эти металлы (особенно на тантал) и стали требовать его у крупнейшего поставщика – центральноафриканского государства. Сегодня эта страна называется Демократическая Республика Конго, а в описываемые годы именовалась Заир. Демократическая Республика Конго находится в Экваториальной Африке западнее Руанды. Возможно, читатели помнят геноцид в Руанде в середине 1990-х годов[50]. Но вряд ли широко известен тот факт, что в 1996 году свергнутое руандийское правительство, состоявшее из этнических хуту, бежало в Конго. Тогда казалось, что конфликт просто расширился к западу, но теперь понятно, что это был скрытый пожар, повлекший за собой целое десятилетие масштабных расовых войн. В конце концов девять стран и двести племен, каждое из которых имело старинные союзы и наболевшие претензии, вступили в тотальную войну в густых джунглях.

Тем не менее если бы в войну были втянуты лишь крупные армии, то конголезский конфликт, вероятно, вскоре угас бы. Ведь эта территория крупнее Аляски, а леса там гуще, чем в Бразилии. При этом попасть в Конго гораздо труднее, чем на Аляску или в Бразилию, и поэтому там очень сложно вести затяжную войну. Кроме того, бедные крестьяне не могут позволить себе сняться с обжитых мест и пойти воевать, если на кону не стоят деньги. И вот в конфликте появился фактор тантала, ниобия и сотовых телефонов. Нет, я не порицаю высокие технологии как таковые. Действительно, войны начинаются не из-за сотовых телефонов, а из-за ненависти и затаенной вражды. Но не менее очевидно, что бесконечное побоище подпитывалось денежными потоками. Из Конго на рынок поступает 60 % ниобия и тантала, которые в земле образуют единый минерал колтан. Как только сотовые телефоны вошли в повседневную жизнь – с 1991 по 2001 год продажи этих устройств подскочили практически с нуля до миллиарда, – голод Запада оказался не менее неутолимым, чем у Тантала. Цены на колтан выросли в десятки раз. Люди, приобретавшие руду для производителей сотовых

[50] Речь идет о войне племен тутси и хуту в 1994 году. – *Прим. пер.*

телефонов, не задавали вопросов и не беспокоились о том, откуда она поступает. Конголезские добытчики понятия не имели, зачем нужен этот минерал, а знали лишь о том, что за него готовы платить и что на вырученные деньги можно поддерживать свою воюющую группировку.

Странно, но тантал и ниобий стали причиной стольких бед именно из-за «общедоступности» колтана. В отличие от ситуации, когда неразборчивые в средствах бельгийцы разрабатывали в Конго алмазные и золотые прииски, колтановые руды никто не контролировал. Чтобы добывать этот минерал, не требовалось ни экскаваторов, ни самосвалов. Любой простолюдин с лопатой и крепкой спиной мог накопать в речных руслах целые килограммы руды (она выглядит как густая грязь). Всего за час крестьянин мог заработать больше, чем его сосед-земледелец имел за год. По мере того как прибыли росли, люди забрасывали свои хозяйства ради быстрого обогащения. Из-за этого в Конго сложилась катастрофическая ситуация с продовольствием, которого и раньше едва хватало, и люди стали охотиться на горилл, практически истребив их (как вы, возможно, помните, такая же судьба постигла американских бизонов). Но убийство горилл было малым грехом по сравнению с теми зверствами, которым подвергались люди. Если деньги рекой льются в страну, где царит безвластие, это всегда заканчивается очень плохо. Наступил жесточайший капитализм, при котором продавалось все, включая человеческие жизни. Появились огромные огороженные лагеря с невольницами-проститутками, за массовые убийства выплачивались баснословные вознаграждения. В стране распространялись леденящие душу истории о гордых победителях, вершивших надругательства над трупами врагов. Люди обматывались внутренностями убитого соперника и с ликованием пускались в пляс.

Разгар конголезской войны пришелся на период с 1998 по 2001 год, после чего производители сотовых телефонов осознали, что фактически спонсируют анархию. Следует отдать им должное: они стали закупать тантал и ниобий в Австралии, хотя там они стоили дороже, и ситуация в Конго немного улучшилась. Тем не менее, несмотря на заключенное в 2003 году официальное перемирие, в восточной части страны, ближе к Руанде, насилие так и не утихло. А недавно война вновь активизировалась, так как на востоке Конго нашли другой элемент – олово. В 2006 году в Европейском Союзе запретили применять свинцовый припой в потребительских товарах, и большинство производителей заменили свинец оловом – этот металл также имеется в Конго в изобилии. В свое время писатель Джозеф Конрад назвал Конго «самым гнусным сборищем подонков, которое навсегда запятнало историю человеческого разума». Сегодня эта характеристика по-прежнему не потеряла актуальности.

С середины 1990-х годов в Конго погибло более 5 миллионов человек – это самые крупные военные потери со времен Второй мировой войны. Продолжающийся там конфликт красноречиво свидетельствует, что, несмотря на многочисленные достижения, вдохновленные периодической системой, элементы могут пробуждать в человеке и самые ужасные животные инстинкты.

6. Заканчиваем таблицу… взрывом

При взрыве сверхновой в нашу Солнечную систему были вброшены все существующие в природе элементы, а благодаря перемешиванию пород на молодых незатвердевших планетах эти элементы равномерно распределились в скальных грунтах. Но эти процессы не позволяют ответить на все вопросы, связанные с распределением элементов на Земле. С тех пор как взорвалась сверхновая, многие элементы уже исчезли с лица Земли, так как их ядра оказались слишком непрочными, чтобы уцелеть в природе. Такая нестабильность поражала ученых, в периодической системе оказалось несколько необъяснимых пробелов, которые химики менделеевской эпохи не могли заполнить, несмотря на все поиски. В конце концов, эти клетки таблицы все же удалось заполнить, но сначала пришлось развить целые новые научные дисциплины. Освоив эти науки, мы научились создавать элементы самостоятельно и лишь потом осознали, что из-за непрочности некоторые элементы таят в себе страшную угрозу. Процессы синтеза и расщепления атомов оказались связаны гораздо теснее, чем кто-либо мог предположить.

Начало этой истории было положено в Англии, в Университете Манчестера накануне Первой мировой войны. В те годы в Манчестере работала целая плеяда замечательных ученых, в частности Эрнест Резерфорд, руководивший исследовательской лабораторией. Одним из его наиболее перспективных студентов был Генри Мозли. Мозли был сыном натуралиста, восхищавшегося Чарльзом Дарвином, но выбрал себе профессию физика, а не биолога. Мозли относился к лабораторной работе так ответственно, как относятся к бдению у постели умирающего. Он задерживался в лаборатории по пятнадцать часов, как будто вечно не успевал завершить всех начатых опытов. Молодой человек даже не успевал поесть, перебиваясь фруктовым салатом и сыром. Как и многие одаренные личности, Мозли был одиночкой, строгим к себе и щепетильным человеком. Он открыто возмущался «вонючей неопрятностью» приезжих, наводнявших Манчестер.

Но за талант Мозли можно было простить многие недостатки. Молодой исследователь увлекся изучением элементов, расщепляя их электронными лучами, хотя Резерфорд и считал эту работу напрасной тратой времени. Мозли заручился поддержкой другого физика, внука Дарвина, и в 1913 году начал систематически «препарировать» все известные элементы, даже золото. Сегодня мы знаем, что, когда пучок электронов попадает в атом, он вышибает из атома часть его собственных электронов, оставляя брешь. Электроны притягиваются к ядру атома, поскольку электроны и протоны, входящие в состав ядра, имеют противоположные электрические заряды. Выбивание электронов из атома – довольно жесткая операция. Поскольку природа не терпит пустоты, на освободившееся место устремляются другие электроны, чтобы заполнить эту дыру. При этом они сталкиваются и испускают рентгеновские лучи, обладающие высокой энергией. Примечательно, что Мозли нашел математическое соотношение между длиной волны рентгеновских лучей, количеством протонов в ядре элемента и атомным номером элемента (его местом в периодической системе).

С тех пор как в 1869 году Менделеев опубликовал свою знаменитую таблицу, в нее был внесен ряд изменений. Сначала Менделеев расположил таблицу продольно, пока кто-то не убедил его, что целесообразно повернуть всю схему на 90 градусов. В течение следующих сорока лет химики продолжали возиться с таблицей, добавляя столбцы и тасуя элементы. Тем временем в периодической системе все явственнее просматривались аномалии, заставлявшие ученых задуматься, на самом ли деле они верно понимают эту таблицу. Большинство элементов в таблице следуют друг за другом в порядке увеличения атомной массы. Согласно данному критерию, никель должен стоять перед кобальтом. Но, чтобы расположить элементы правильно – то есть чтобы и под кобальтом, и под никелем оказались похо-

жие на них элементы, – химикам пришлось поменять два металла местами. Никто не знал, почему приходится сделать такое отступление от правила, а ведь таких пар было несколько! Чтобы обойти проблему, ученые изобрели атомный номер, дополнявший атомную массу, но это лишь подчеркивало, что истинного значения атомного номера никто не понимает.

Мозли было всего двадцать пять лет, когда он смог разгадать эту загадку. Он взглянул на химический вопрос с физической точки зрения. Важно понимать, что в то время лишь немногие ученые верили в существование атомного ядра. Резерфорд сформулировал гипотезу о существовании компактного ядра, обладающего большим положительным зарядом, но гипотеза оставалась непроверенной до 1913 года и слишком умозрительной для ученых, чтобы ее признать. Первые доказательства в ее пользу удалось получить только Мозли. Нильс Бор, другой ученик Резерфорда, вспоминал: «Вы знаете, работы Резерфорда [по атомному ядру] не считались серьезными. Сегодня мы не можем в это поверить, но они вовсе не рассматривались серьезно. Никто и нигде про них не упоминал. И только после работ Мозли все изменилось». Дело в том, что Мозли догадался связать место элемента в периодической системе с его физическими характеристиками, приравняв к атомному номеру положительный заряд ядра. И он подтвердил это равенство при помощи эксперимента, который было очень легко воспроизвести. Таким образом, было доказано, что отклонения от расположения элементов в порядке возрастания атомной массы не являются случайными, а связаны со сложным строением атомного ядра. Заковыристые случаи, например пара «кобальт – никель», вдруг прояснились. Дело в том, что у более легкого атома никеля больше протонов, чем у кобальта. Положительный заряд никеля больше, чем заряд кобальта, поэтому кобальт стоит в таблице раньше. Если Менделеев и другие открыли «химический кубик Рубика», то Мозли научился его складывать, и больше не приходилось выдумывать какие-то объяснения.

Более того, подобно спектроскопу, электронная пушка Мозли помогла упорядочить таблицу, рассортировав запутанные радиоактивные изотопы и развенчав многочисленные ошибочные утверждения об открытии «новых элементов». Мозли также смог заполнить четыре из остававшихся пробелов в периодической системе – расставил по местам элементы 43, 61, 72 и 75. Элементы тяжелее золота в те годы были слишком дорогостоящими, чтобы достать их необходимое количество для экспериментов. Если бы Мозли смог приобрести такие образцы, то, возможно, открыл бы еще элементы 85,87 и 91.

К сожалению, в начале XX века химики и физики не слишком доверяли друг другу. Некоторые знаменитые химики сомневались, что Мозли действительно удалось совершить настолько великое открытие. Француз Жорж Урбэн бросил смелому молодому человеку вызов, предложив ему разобрать смесь из множества редких и похожих друг на друга элементов (напоминавшую породы из Иттербю). Урбэн посвятил двадцать лет изучению химии редкоземельных металлов, и у него ушло несколько месяцев кропотливой работы, чтобы определить, какие четыре элемента содержатся в этом образце. Так Урбэн рассчитывал пристыдить или даже унизить Мозли. После первой встречи Мозли вновь увиделся с Урбэном через час, предъявив ему полный и совершенно точный список[51]. Редкоземельные металлы, приводившие в такое замешательство Менделеева, теперь можно было сортировать без малейшего труда.

Но эту работу пришлось выполнить не Мозли, а другим людям. Хотя он и стал пионером ядерной физики, боги наказали его, как Прометея, принесшего огонь людям и осветившего тьму для будущих поколений. С началом Первой мировой войны Мозли ушел на фронт (хотя армейские чиновники советовали ему этого не делать) и принял участие в тяже-

[51] Урбэн был не единственным ученым, кого посрамил Мозли. Метод Мозли также позволил опровергнуть претензии японского химика Масатаки Огавы, заявившего об открытии элемента № 43 и даже назвавшего его «ниппоний». Подробнее об этом – в главе 8.

лых боях при Галлиполи в 1915 году. Как-то раз турецкая пехота двинулась на британские позиции фалангой глубиной в восемь рядов. Начался рукопашный бой, в котором в ход шли ножи, камни и зубы. Где-то в этой кровавой бойне пал и двадцатисемилетний Мозли. Вся бесплодность этой войны известна нам из стихов английских поэтов, также не вернувшихся с фронта. Но один из коллег-ученых заявил, что гибель одного только Генри Мозли обеспечила этой «последней из всех войн» славу «одного из самых гнусных и непоправимых преступлений в истории человечества»[52].

Самая лучшая посмертная почесть, которую могли ученые воздать Мозли, заключалась в поиске тех недостающих элементов, на которые он указал. Действительно, Мозли так вдохновил искателей элементов (наконец-то у энтузиастов было четкое понимание того, что надо делать), что такая «химическая охота» стала даже слишком популярной. Вскоре начались жаркие споры о том, кому же именно удалось впервые выделить гафний, протактиний и технеций. Другие группы исследователей смогли в конце 1930-х годов заполнить пустые клетки 85 и 87 – соответствующие элементы были искусственно синтезированы в лабораториях. К 1940 году оставался неоткрытым лишь один природный элемент – номер 61.

Странно, но лишь немногие исследователи во всем мире пытались его найти. Одна из групп, которой руководил итальянский физик Эмилио Сегре, пыталась получить искусственный образец и, возможно, даже достигла успеха в 1942 году. Но изолировать элемент не удавалось, и после нескольких неудачных попыток работа была заброшена. Прошло еще целых семь лет. И вот в Филадельфии состоялась научная конференция, на которой выступили трое ученых из американской национальной лаборатории Оук-Ридж в штате Теннеси. Они заявили, что смогли получить шестьдесят первый элемент, просеяв отработанную урановую руду. После долгих сотен лет развития химии последний пробел в периодической системе наконец был заполнен.

Объявление не произвело никакого фурора. Трое коллег уточнили, что сделали это открытие двумя годами ранее, но не имели возможности о нем сообщить, так как были слишком заняты исследованиями урана – своей основной работой. В прессе эта новость также освещалась очень сдержанно. В газете *New York Times* заголовок о последнем недостающем элементе соседствовал со статьей о каком-то сомнительном геологическом методе, который якобы мог обеспечить многовековую бесперебойную добычу нефти. Журнал ***Time*** вскользь упомянул этот элемент в обзоре, посвященном филадельфийской конференции, и снисходительно охарактеризовал его как «практически бесполезный»[53]. Затем ученые рассказали, что планировали назвать открытое ими вещество «прометий». Элементы, открытые ранее в XX веке, получали гордые или как минимум очевидные названия. Прометий же был назван в честь Прометея, древнегреческого титана. Согласно известному мифу, Прометей похитил у богов огонь и подарил его человечеству, за что понес жестокое наказание – боги приковали его к скале и ежедневно присылали огромного орла клевать и терзать печень титана. Неудивительно, что это название навевает суровые, мрачные, в чем-то даже преступные ассоциации.

Итак, что же произошло в период между экспериментами Мозли и открытием шестьдесят первого элемента? Почему охота на элементы настолько измельчала: смерть Мозли многими признавалась невосполнимой утратой, а открытие прометия удостоилось лишь беглого упоминания на газетной полосе? Действительно, прометий оказался практически

---

[52] Рассказ о бездарных приказах и проигранных битвах, которые, в конечном итоге, привели к гибели Мозли, содержится в книге Ричарда Роудса «Создание атомной бомбы» (Simon & Schuster, New York 1986). Кстати, рекомендую прочесть эту книгу целиком, она является, пожалуй, самой лучшей работой по истории науки XX века.

[53] В статье журнала *Time,* где упоминалось об открытии этого элемента, есть и следующий фрагмент о том, как предполагалось назвать элемент: «Кто-то пошутил, что этот элемент можно было бы назвать гровезием в честь сурового генерала Лесли Гровса, умевшего как следует гаркнуть. Химический символ этого элемента мог бы записываться как Gr».

бесполезен. Но ученые более, чем кто-либо из людей, приветствуют такие непрактичные открытия. Последний шаг в расшифровке основной части периодической системы стал эпохальным событием, кульминацией миллионов человеко-часов работы. Дело не в том, что люди просто устали искать новые элементы – ведь этот поиск продолжали вести на протяжении большей части холодной войны ученые-соперники из СССР и США. Но за прошедшие годы изменилась как сущность, так и масштабы ядерной физики. Люди начали понимать, *как это работает,* и среднестатистический элемент прометий уже не воодушевлял их так, как тяжелые элементы – плутоний и уран. А уж что говорить о самом знаменитом «порождении» этих элементов – атомной бомбе.

Утром одного дня 1939 года молодой физик, учившийся в Калифорнийском университете в городе Беркли, решил постричься и уселся в пневматическое парикмахерское кресло в студенческом клубе. Неизвестно, о чем беседовали в тот день парикмахер со студентом – возможно, об этой сволочи Гитлере или о том, выиграют ли «Янки» Мировую бейсбольную серию в четвертый раз подряд. Так или иначе, этот студент – молодой Луис Альварес, которому много позже предстояло выдвинуть теорию о вымирании динозавров, – о чем-то болтал с парикмахером, а тем временем пролистывал номер *San Francisco Chronicle.* В рубрике новостей телеграфного агентства он прочитал об экспериментах, которые Отто Ган проводил в Германии. Эксперименты заключались в исследовании ядерного распада – точнее, расщепления атома урана. Кто-то из друзей вспоминал, что Альварес вдруг отстранил руку парикмахера с машинкой, сорвал с себя покрывало и ринулся в лабораторию, где немедленно настроил счетчик Гейгера и поспешил за образцами облученного урана. Совершенно не стесняясь своей недостриженной шевелюры, Альварес стал громко звать всех, кто был поблизости, чтобы продемонстрировать им открытое Ганом явление.

Анекдот об Альваресе забавен, но он к тому же отлично характеризует то состояние, в котором находилась к концу 1930-х ядерная физика. Ученые все лучше понимали, как ведут себя атомные ядра, пусть прогресс и был очень медленным. И вдруг в результате одного открытия произошел прорыв. Мозли сформулировал строгое обоснование для науки, изучавшей атомы и ядра, и в 20-е годы XX века в этой области трудилось множество очень талантливых людей. Тем не менее научный поиск оказался сложнее, чем можно было предположить. Частично в этом был виноват сам Мозли. Его работа показала, что отдельные изотопы, например свинец-204 и свинец-206, обладают одинаковым положительным зарядом, но разной атомной массой. В мире, знавшем лишь о существовании протона и электрона, ученым оставалось лишь выдвигать нескладные гипотезы. Например, предполагалось, что положительные протоны могут «проглатывать» отрицательные электроны, как Пакман[54]. Кроме того, для понимания взаимодействий субатомных частиц ученым пришлось изобрести новый математический аппарат – квантовую механику. Потребовались многие годы, чтобы понять, как законы квантовой механики объясняют строение даже простейших изолированных атомов водорода.

Тем временем физики активно разрабатывали и смежное научное поле, изучая явления радиоактивности, заключающегося в распаде атомов. Любой «традиционный» атом мог отдавать или красть электроны. Но самые дальновидные ученые – например, Эрнест Резерфорд и Мария Кюри – также осознали, что ядра некоторых редких элементов могут изменяться, распыляя своеобразную «атомную шрапнель». Одна из особых заслуг Резерфорда

---

[54] Кроме этой протонно-электронной модели ядра ученые того времени также разработали модель «кекса с изюмом», согласно которой электроны сидели в положительно заряженном атоме как изюминки в тесте. Эту модель атома опроверг Резерфорд, доказавший, что в атоме существует компактное положительно заряженное ядро. После открытия ядерного распада была предложена капельная модель ядра, согласно которой большое ядро распадается, как капля на гладкой поверхности – на две другие «капли» (более мелкие ядра). Важнейшее значение для развития капельной модели ядра сыграли работы Лизы Мейтнер.

заключается в том, что он смог классифицировать эту «шрапнель» и выявить три ее основных типа, названных по первым буквам греческого алфавита. Это были альфа-частицы, бета-частицы и гамма-лучи. Гамма-лучи – это самый простой и наиболее смертоносный продукт ядерного распада. Они возникают, когда атом испускает концентрированные рентгеновские лучи. Сегодня гамма-излучение – одна из известнейших научных страшилок. Первые два типа радиоактивности связаны с превращением одних элементов в другие – в 1920-е годы этот процесс очень волновал научные умы. Но каждый элемент проявляет свойство радиоактивности особым образом, так что глубинная природа альфа- и бета-распада озадачивала физиков, которые все менее уверенно представляли себе и строение изотопов. «Пакмановская[55]» модель казалась все более несостоятельной, а некоторые отчаянные физики даже полагали, что единственный способ как-то разобраться с непостижимым множеством изотопов – отказаться от периодической системы.

Массовый коллективный шлепок по лбу в духе «Ах, как же я сам не догадался!» произошел в 1932 году, когда Джеймс Чедвик, один из учеников Резерфорда, открыл нейтрон – элементарную частицу, не имеющую заряда, но имеющую массу. Этот феномен, рассмотренный в контексте идей Мозли об атомной массе, мгновенно позволил понять, как же построены атомы (по крайней мере, изолированные). Из-за разного количества нейтронов в ядрах изотопы свинца-204 и 206 относятся к одному химическому элементу и располагаются в одной клетке периодической системы. Ведь положительный заряд у них одинаков, а атомная масса разная. Внезапно прояснилась и природа радиоактивности. Бета-распад оказался превращением нейтронов в протоны и наоборот. Именно из-за изменения количества протонов один элемент в процессе бета-распада превращается в другой. Альфа-распад тоже сопровождается превращением элементов, при этом в ядре происходят наиболее серьезные изменения: при каждом акте альфа-распада атом теряет сразу два нейтрона и два протона.

В течение следующих нескольких лет нейтрон уже стал чем-то бо́льшим, чем теоретический инструмент. Во-первых, он оказался изумительным средством для зондирования недр атома, так как при «выстреле» нейтроном по атому эта частица не отталкивалась, в отличие от электрически заряженных «снарядов». Кроме того, нейтрон помог ученым описать новый тип радиоактивности. Элементы, особенно самые легкие, «пытаются» поддерживать в ядре стабильное соотношение между протонами и нейтронами – примерно 1 к 1. Как только в атоме накопится слишком много нейтронов, он самопроизвольно распадается, испуская при этом энергию и лишние нейтроны. Если эти нейтроны попадают в соседние атомы, то эти атомы также становятся нестабильными и испускают все больше нейтронов. Возникает своеобразный каскад, называемый цепной реакцией. Физик Лео Сцилард придумал концепцию цепной реакции примерно в 1933 году, стоя однажды утром в Лондоне на перекрестке со светофором. Сцилард запатентовал эту идею в 1934 году. Первые попытки осуществить цепную реакцию с легкими элементами (правда, неудачные) он предпринимал уже в 1936 году.

Обратите внимание на все эти даты. В те самые годы, когда в научных кругах формировалась стройная картина нейтронных, протонных и электронных взаимодействий, старый мировой политический порядок стремительно распадался. В тот день, когда Альварес прочитал в парикмахерской о распаде урана, Европа уже была обречена.

Период аристократической «охоты за элементами» клонился к закату. Теперь ученые обладали новой моделью внутреннего строения атома и понимали, что единичные еще не открытые элементы периодической системы ускользают от них потому, что по природе своей крайне нестабильны. Даже если молодая Земля изобиловала ими, эти атомы уже дав-

[55] Пакман – знаменитая примитивная компьютерная игра, в которой большой кружочек перемещается по лабиринту и поедает маленькие. – *Прим. пер.*

ным-давно распались. Действительно, такая точка зрения удобно объясняла пробелы в периодической таблице, но оказалось, что традиционный поиск элементов был заброшен не зря. Исследуя нестабильные атомы, ученые вскоре познакомились с феноменами ядерного распада и нейтронных цепных реакций. И как только стало понятно, что атомы можно расщеплять – а также была осознана научная и политическая подоплека этого факта, – поиск новых элементов «для коллекции» сразу превратился в любительское хобби. Этим он напоминал старомодную биологию начала XIX века, сводившуюся к охоте и набиванию чучел, которая несравнима с современной молекулярной биологией. Именно поэтому в 1939 году ученые, осознававшие близость новой мировой войны и то, что в ней могут быть применены атомные бомбы, отложили поиски прометия и завершили их лишь через десять лет.

Как сильно ни были ученые заинтригованы возможностью создания ядерных бомб, требовалось проделать еще массу работы, отделявшей теорию от практики. Сегодня об этом уже не вспоминают, но военные эксперты считали создание атомных бомб, мягко говоря, маловероятным, по крайней мере в обозримом будущем. Как обычно, военные лидеры охотно брали на службу ученых, а ученые исправно усугубляли жестокости войны, изобретая новые технологии – например, улучшая сорта стали. Но Вторая мировая война не завершилась бы двумя ядерными грибами, если бы американское правительство просто требовало *немедленно* создать более мощное и скоростное оружие. Напротив, была проявлена политическая воля, и миллиарды долларов были вложены в область, ранее считавшуюся чисто академической и оторванной от жизни: науку о субатомных частицах. Но даже при этом задача запуска контролируемой ядерной реакции и расщепления ядер настолько опережала состояние науки тех лет, что для успешной реализации Манхэттенского проекта пришлось разработать совершенно новую исследовательскую стратегию. Она называлась методом Монте-Карло и полностью перевернула представление людей о том, что значит «творить науку».

Как упоминалось выше, сначала квантовая механика применялась лишь для описания изолированных атомов. К 1940 году было известно, что атом, поглотивший нейтрон, становится нестабильным. Он может взорваться и, возможно, испустить еще больше нейтронов. Проследить путь отдельно взятого нейтрона было легко – не сложнее, чем путь отскочившего бильярдного шара. Но для запуска цепной реакции требовалось скоординировать миллиарды миллиардов нейтронов – все они двигались бы при этом с разной скоростью в разных направлениях. Из-за этого теоретический аппарат, рассчитанный на описание отдельных атомов, рушился как карточный домик. К тому же уран и плутоний были дорогими и опасными веществами, поэтому об аккуратных детальных экспериментах не могло быть и речи.

Но перед учеными, работавшими в Манхэттенском проекте, стояла задача точно определить, сколько именно плутония и урана требуется для создания бомбы. Если бы ядерного топлива было слишком мало, бомба «истлела» бы, не взорвавшись. Слишком много – и бомба взорвалась бы мгновенно, что продлило бы войну еще на многие месяцы, так как очистка урана и плутония была невероятно сложным процессом (в случае с плутонием процесс был двухэтапным: сначала синтезировать, а потом очистить). Поэтому, из чисто практических соображений, некоторые прагматичные ученые решили одновременно отказаться и от традиционной теории, и от традиционной практики, проторив вместо этого совершенно новый, третий путь.

Сначала была выбрана случайная скорость нейтрона, отскакивающего от атомов в образце плутония или урана. Для нейтрона было выбрано случайное направление, а также еще ряд случайных значений для других параметров – доступный объем плутония, вероятность того, что нейтрон «выскочит» из образца, а не попадет в один из атомов, даже геометрия и контуры плутониевой кладки. Важно отметить, что выбор конкретных чисел означал следующее: ученые сознательно отказывались от универсальности вычислений, так как результаты описывали бы поведение лишь немногих нейтронов в одной из многих возмож-

ных моделей. Ученые-теоретики ***принципиально*** не желают прорабатывать неуниверсальные случаи, но на этот раз у них просто не было другого выбора.

В то же время в проекте были задействованы целые залы, где работали молодые женщины с карандашами (многие из них были женами ученых, призванными на помощь, так как работать в Лос-Аламосе[56] было невероятно тягостно).

Они получали лист, исписанный случайными цифрами, и начинали считать (иногда совершенно не понимая, что делают), как нейтрон будет сталкиваться с атомами плутония при данных значениях; будет ли он поглощен; сколько новых нейтронов выделится при этом и выделится ли вообще; сколько нейтронов выделится на следующем этапе реакции, и так далее. Каждая из сотен женщин решала узкую математическую задачу, по конвейерному принципу, а ученые обобщали результаты. Историк Джордж Дайсон описал этот процесс как изготовление бомб «математически, нейтрон за нейтроном, наносекунда за наносекундой… [методом] статистического приближения множества случайных событий… за которым следовал ряд репрезентативных хронометрируемых проб, позволявших ответить на не решаемый иным способом вопрос: превратится ли ядерная реакция при данной конфигурации в термоядерную»[57].

Иногда в такой теоретической системе могла возникнуть ядерная реакция, и это считалось успехом. После завершения всех расчетов женщины принимались за работу с новыми наборами цифр. Потом снова. И снова. Конечно, клепальщица Рози[58] стала символом тяжелого заводского труда в годы войны, но Манхэттенский проект также не был бы реализован без труда сотен женщин, корпевших над испещренными цифрами листками. Таких женщин-вычислителей называли неологизмом «компьютер».

Но почему же потребовалось организовать такой необычный процесс? В принципе, ученые приравняли каждый расчет к эксперименту и собирали информацию об урановых и плутониевых бомбах, полученную лишь «на кончике пера». Пришлось отказаться от скрупулезного и взаимно корректирующего синтеза теории и лабораторной работы и вооружиться методологией, которую один историк нелицеприятно охарактеризовал как «искаженную… сымитированную реальность, заимствовавшую подходы как из теории, так и из практики, объединившую их и применившую полученный сплав, чтобы застолбить на методологической карте несуществующую землю, которая одновременно находится и везде, и нигде»[59].

Разумеется, такие вычисления оказывались полезны лишь настолько, насколько точны были исходные уравнения, но здесь физикам по-настоящему повезло. Частицы на квантовом уровне действительно подчиняются статистическим законам, а квантовая механика, при всей ее кажущейся нелогичности, является самой точной научной теорией, когда-либо разработанной человечеством. Кроме того, в рамках Манхэттенского проекта было выполнено огромное количество вычислений, само по себе вселявшее в ученых уверенность. Эта уверенность блестяще оправдалась после успешного испытания «Тринити», проведенного в штате Нью-Мексико в середине 1945 года. Точная и безошибочная детонация урановой бомбы над Хиросимой, за которой через несколько дней последовал взрыв плутониевой бомбы над Нагасаки, полностью подтвердила точность такого нетрадиционного научного метода, основанного на многочисленных разрозненных расчетах.

После того как отшельническое братство ученых, работавших над Манхэттенским проектом, завершилось, ученые разъехались по домам, чтобы осмыслить, что же они совер-

---

[56] Один из крупнейших центров ядерных исследований в США. – *Прим. пер.*

[57] Цитаты Джорджа Дайсона взяты из книги Project Orion: The True Story of the Atomic Spaceship («Проект “Орион”: правдивая история атомного космического корабля»).

[58] Героиня американской пропаганды. – *Прим. пер.*

[59] Эта цитата о методе Монте-Карло взята из книги Питера Галисона «Образ и логика».

шили (некоторые при этом испытывали гордость, другие – нет). Многие постарались побыстрее забыть о времени, проведенном в счетных залах. Но некоторые оказались поглощены тем, что удалось изучить в рамках проекта. Таков был беженец из Польши Станислав Улам. Работая в Нью-Мексико, он коротал свободное время за карточными играми. Однажды в 1946 году он раскладывал пасьянс и заинтересовался тем, какова вероятность выигрыша для любой случайной раздачи. Больше карточных игр Улама привлекали только отвлеченные вычисления, поэтому он принялся исписывать целые страницы вероятностными уравнениями. Вскоре проблема усложнилась настолько, что трезвомыслящий Улам от нее отступился. Он решил, что лучше сыграть тысячу игр и составить процентную таблицу, показывающую вероятность выигрыша в каждом конкретном случае. Достаточно просто.

В мозгу у большинства людей, даже ученых, эта задача не породила бы верной ассоциации, но Улам в середине прошлого века, века индивидуализма, осознал, что в своих карточных расчетах он руководствуется теми же принципами, которые применялись в Лос-Аламосе при «вычислительном конструировании» атомных бомб. Конечно, связь была абстрактной, но порядок и расклад карт очень напоминали ввод случайных чисел, а раздача соответствовала одному вычислению. Вскоре Улам стал обсуждать этот метод со своим другом Джоном фон Нейманом, который также любил вычисления и тоже был ветераном Манхэттенского проекта. Улам и фон Нейман осознали, как велик может быть потенциал этого метода, если сделать его универсальным и применять в других ситуациях, где приходится работать с множеством случайных переменных. При таком подходе можно было не пытаться учесть все возможные осложнения, даже эффект бабочки, а просто очерчивать проблему, выбирать для ввода случайные данные, а потом действовать методом проб и ошибок. Такой подход не является экспериментальным, поэтому результаты его неточны. Но если провести достаточное количество вычислений, то результат можно найти с высокой точностью.

По счастливой случайности Улам и фон Нейман были знакомы с американскими инженерами, разрабатывавшими первые электронные компьютеры – например, ЭНИАК, установленный в Филадельфии. Женщины-вычислители, занятые в Манхэттенском проекте, на определенном этапе стали использовать при расчетах механическую систему, работавшую с перфокартами, но неутомимый ЭНИАК казался гораздо более многообещающим инструментом для масштабных вычислений, задуманных Уламом и фон Нейманом. Теория вероятностей зародилась в аристократических казино. Тем не менее не вполне ясно, почему предложенный двумя учеными метод получил такое название. Улам любил похвастаться, что назвал его в честь дядюшки, который часто одалживал деньги, чтобы предаваться азартным играм на «широко известном генераторе случайных чисел (от нуля до тридцати шести), установленном в одном средиземноморском княжестве».

Как бы то ни было, метод Монте-Карло быстро прижился в науке. Он позволял экономить, обходясь без дорогостоящих экспериментов. Именно необходимость создания достаточно точных симуляторов метода Монте-Карло была той движущей силой, благодаря которой стали активно развиваться компьютеры. Вычислительные машины становились все быстрее и эффективнее. В то же время пришествие эры дешевых вычислений означало, что эксперименты в стиле метода Монте-Карло, различные имитации и модели могли все шире применяться в химии, астрономии и физике, не говоря уже об инженерии и анализе рынков. В настоящее время (по прошествии всего двух поколений) метод Монте-Карло настолько доминирует в некоторых научных областях, что молодые ученые даже не подозревают, насколько их работа не похожа на традиционную теоретическую или экспериментальную науку. Простая уловка, временная мера – использование атомов урана и плутония в качестве абака, на котором вычисляются ядерные реакции, – превратилась в незаменимый инструмент научного познания. Метод Монте-Карло не просто завоевал науку; он укрепился, усвоился и переплелся с другими методами.

Но в 1949 году такая трансформация еще не свершилась. На первом этапе существования метод Монте-Карло помогал разрабатывать новые поколения ядерного оружия. Фон Нейман, Улам и другие ученые такого же склада приходили в огромные залы, напоминавшие университетские аудитории, где стояли компьютеры. Там они загадочно спрашивали, можно ли запустить несколько программ, и занимались этим с полудня до утра. В эти мертвые часы они создавали «суперснаряды» – многоступенчатые машины в тысячи раз мощнее обычных атомных бомб. В суперснарядах плутониевые и урановые заряды применялись для запуска ядерного синтеза в жидком сверхтяжелом водороде – именно благодаря таким реакциям горят звезды. Это сложный процесс, который мог навсегда остаться лишь в виде описания на страницах секретных военных отчетов. О нем бы не узнали даже операторы ракетных пусковых шахт, если бы не вычислительные машины. Историк Джордж Дайсон красиво охарактеризовал технологическую историю того десятилетия фразой: «компьютеры привели к бомбам, а бомбы – к компьютерам».

Проделав массу работы, чтобы правильно спроектировать супербомбу, ученые достигли успеха в 1952 году – атолл Эниветок в Тихом океане был стерт с лица земли при испытании водородной бомбы. Этот взрыв вновь продемонстрировал безжалостную безупречность метода Монте-Карло. Тем не менее инженеры-атомщики уже разрабатывали устройства пострашнее водородных бомб. Атомная бомба может погубить вас двумя способами. Маньяк, желающий просто погубить десятки тысяч людей и сровнять с землей целый город, может удовлетвориться обычной «одноступенчатой» атомной бомбой. Ее проще сконструировать, а пылающий ядерный гриб удовлетворит стремление маньяка к театральности массового убийства. Не менее зрелищными будут и непосредственные эффекты взрыва – спонтанные торнадо и темные силуэты жертв, которые останутся на стенах. Но достаточно терпеливый маньяк, который хочет совершить непоправимое зло, отравить все колодцы и просолить почву, сделав ее бесплодной, подорвет грязную атомную бомбу, начиненную кобальтом-60.

Основным поражающим фактором обычной ядерной бомбы является высокая температура. Грязная атомная бомба наиболее опасна из-за сильного гамма-излучения. Гамма-лучи возникают в результате стихийных ядерных реакций. Под действием такого излучения человек не просто сильно обгорает – гамма-лучи проникают в костный мозг и повреждают хромосомы белых кровяных клеток. Эти клетки либо погибают сразу, либо перерождаются в раковые, либо просто вырастают до огромных размеров. В результате они деформируются и не могут бороться с инфекциями. При всех ядерных взрывах выделяется определенное количество радиации, но в грязной атомной бомбе именно радиация является основным поражающим фактором.

Но даже эндемичная форма лейкоза не кажется «достаточно убийственной», если судить по некоторым бомбам. Лео Сцилард, еще один беженец из Европы, участвовавший в Манхэттенском проекте, был тем самым физиком, который, к собственному сожалению, еще в 1933 году сформулировал идею о самоподдерживающейся цепной ядерной реакции. Сцилард – мудрый и трезвомыслящий человек – в 1950 году рассчитал, что достаточно распылить по три грамма кобальта-60 на каждую квадратную милю земной поверхности, чтобы спровоцировать сильнейшее гамма-излучение, которое уничтожит весь человеческий род. Это был бы ядерный вариант того смертельного облака, которое когда-то погубило динозавров. Модель Сциларда представляла собой многоступенчатую боеголовку, обложенную слоем кобальта-59. Ядерная реакция распада, протекающая в плутонии, запускает реакцию ядерного синтеза в водороде. Разумеется, сразу после начала ядерного синтеза испарится и кобальтовая обкладка, и все остальное. Но перед этим на атомном уровне произойдет кое-что еще. Атомы кобальта впитают в себя нейтроны, выделяющиеся при реакциях синтеза и

распада, и наступит стадия, называемая «подсаливанием». В результате подсаливания стабильный кобальт-59 превращается в кобальт-60, осаждающийся, как пепел.

Очень многие элементы способны испускать гамма-лучи, но кобальт в этом отношении особенный. Обычные атомные бомбы можно держать в специальных шахтах, поскольку продукты распада их топлива очень быстро расходуют запас гамма-лучей, оставаясь сравнительно безвредными. В дни атомных взрывов 1945 года в Хиросиме и Нагасаки все же можно было выжить. Другие элементы поглощают лишние нейтроны, подобно алкоголику, постоянно жаждущему догнаться стопочкой. Элемент «заболевает» на некоторое время, но не на века. В таком случае, после взрыва радиоактивный фон уже не достигнет запредельных значений.

Кобальтовая бомба дьявольски оказывается в середине между крайностями. Это один из редких случаев, когда золотая середина является наиболее пагубным вариантом. Атомы кобальта-60 осаждаются в грунте, как крошечные фугасы. Достаточно много таких «мин» сработает сразу, так что останется только спасаться бегством, но и через пять лет еще добрая половина кобальта будет готова «рвануть». Такой постоянный поток гамма-шрапнели означает, что взрыв кобальтовой бомбы нельзя «переждать» или вынести. Зараженная территория не очистится на протяжении целой человеческой жизни. Именно поэтому кобальтовые бомбы вряд ли могут применяться в военных целях, так как армия завоевателей просто не сможет оккупировать район бомбардировки. Но вряд ли это остановит настоящего маньяка, желающего оставить за собой выжженную землю.

Следует отметить в защиту Сциларда: он надеялся, что его кобальтовая бомба – первая настоящая «адская машина» – никогда не будет создана, и (насколько известно) ни одна страна не пыталась сконструировать такое оружие. Сцилард изложил эту идею, чтобы продемонстрировать безумность самой идеи ядерных войн, но общество ухватилось за нее. Например, в фильме Стэнли Кубрика «Доктор Стрейнджлав, или Как я перестал бояться и полюбил бомбу» Советский Союз обладает кобальтовыми бомбами. До выкладок Сциларда ядерное оружие казалось пусть и грозным, но не апокалипсическим. Сцилард надеялся, что после его скромного предупреждения люди одумаются и прекратят клепать боеголовки. Нисколько. Вскоре после того, как название «прометий» стало официальным, у Советского Союза появилась своя атомная бомба. Правительства США и СССР вскоре одобрили более чем удручающую доктрину «взаимного гарантированного уничтожения». По-английски она обозначается аббревиатурой «MAD», это слово переводится «безумный». Суть этой доктрины сводится к тому, что в ядерной войне, независимо от ее исхода, поражение потерпят обе стороны. Так или иначе, эта доктрина, идиотская с этической точки зрения, действительно предотвратила использование ядерных боеголовок в качестве тактического вооружения. Но международная напряженность стала такой сильной, что началась настоящая холодная война. Это противостояние настолько пронизало наше общество, что отразилось даже на совершенно пацифистской таблице Менделеева.

7. Расширение таблицы и холодной войны

В 1950 году в бульварном разделе газеты *New Yorker,* который называется «Притча во языцех» (Talk of the Town), появилась любопытная заметка[60]:

«В наши дни новые атомы появляются с удивительной, если не сказать – пугающей частотой. Недавно в калифорнийском университете Беркли ученые открыли элементы № 97 и 98, назвав их соответственно берклий и калифорний. Эти названия, на наш взгляд, являются исключительно недальновидными и недооценивают общественный резонанс этих открытий. Несомненно, талантливые калифорнийские ученые со дня на день откроют еще пару элементов, но они уже навсегда потеряли шанс обессмертить свою организацию в периодической системе. А как бы звучало: “университий” (97), “офий” (98), “калифорний” (99), “берклий” (100)»[61].

Ученые из Беркли, лидерами которых выступали Гленн Сиборг и Альберт Гиорсо, не менее язвительно ответили, что выбранные ими названия были «упреждающими», чтобы после появления в таблице «университия» (97) и «офия» (98) какой-нибудь нью-йоркский физик не увековечил в таблице названия «ньюий» и «йоркий» в клетках 99 и 100.

Редакция *New Yorker* парировала: «Мы уже занимаемся синтезом ньюия и йоркия. Спасибо, названия у нас уже есть».

Эта остроумная пикировка помогает представить, какой интересной была в те годы научная работа в Беркли. Ученые из Калифорнийского университета, расположенного в этом городке, создавали новые элементы – в нашей Солнечной системе этого не происходило с тех пор, как миллиарды лет назад взорвалась наша сверхновая. Да что там, они обставили сверхновую, создав такие элементы, которых не существует в природе. Но никто – по крайней мере, из этих ученых – не мог предположить, какая ожесточенная борьба вскоре развернется не только за синтез новых элементов, но даже за право их назвать. На этом направлении развернулся новый фронт холодной войны.

Говорят, Гленн Сиборг обладал самой длинной в истории профессиональной характеристикой. Заслуженный проректор университета Беркли. Лауреат Нобелевской премии по химии. Сооснователь спортивной лиги «Рас-10». Консультант президентов Кеннеди, Джонсона, Никсона, Картера, Рейгана и Буша-старшего по атомной энергетике и гонке ядерных вооружений. Руководитель группы ученых в Манхэттенском проекте. И прочее, и прочее. Но первое крупное научное достижение Сиборга, открывшее ему дорогу ко всем остальным регалиям, оказалось результатом удачного стечения обстоятельств.

В 1940 году Эдвин Макмиллан, коллега и друг Гленна Сиборга, удостоился давно ожидаемой славы, получив первый трансурановый элемент. Макмиллан назвал его нептунием – в честь планеты Нептун, следующей за Ураном. Но Макмиллан жаждал большего. Он заметил, что атомы девяносто третьего элемента довольно неустойчивы и легко теряют один электрон, превращаясь в элемент номер 94. Он всерьез принялся искать доказательства существования следующего элемента. Макмиллан подробно знакомил со своей работой молодого Сиборга – сухощавого двадцативосьмилетнего мичиганца, выросшего в шведской иммигрантской общине. Макмиллан не только рассказывал Сиборгу о ходе работ, но даже обсуждал с ним конкретные методы, когда двое ученых ходили в душ после тренажерного зала.

---

[60] Упомянутая заметка вышла в номере газеты *New Yorker* от 8 апреля 1950 года и была написана И. Дж. Каном-младшим.

[61] Юмор заключается в том, что официальное название этого вуза – University of California, Berkeley, то есть элемент назван даже в честь предлога «оф». – *Прим. пер.*

Но в 1940 году назревали не только открытия новых элементов. Как только американское правительство решило посодействовать соперникам стран Оси во Второй мировой войне, пока не афишируя этого, государство принялось выдергивать на военные проекты (например, разработку радара) научных звезд. В их числе оказался и Макмиллан. Сиборг в те годы еще был недостаточно знаменит, чтобы попасть в число избранных, поэтому он остался в Беркли в одиночестве, со всем оборудованием Макмиллана и в точности зная, в каком направлении тот собирался развивать исследования. Сиборг решил не терять времени, полагая, что это, возможно, его единственный шанс прославиться. Вместе с коллегой они собрали крошечный образец девяносто третьего элемента. Отфильтровав нептуний, они тщательно просеяли радиоактивное вещество, разложив лишний нептуний и получив совсем микроскопический химический остаток. Исследователи доказали, что этот остаток действительно состоит из девяносто четвертого элемента. При помощи мощного химического агента они отрывали от атомов электрон за электроном, пока эти атомы не приобрели наивысший электрический заряд, когда-либо зафиксированный у химического элемента (+7). Уже с момента открытия казалось, что девяносто четвертый элемент – особенный. Продолжая традицию, связанную с наименованием элементов в честь все более далеких тел Солнечной системы, – и думая, что девяносто четвертый элемент является последним, который можно синтезировать, – ученые назвали его плутонием.

В 1942 году Сиборг, внезапно ставший знаменитостью, получил вызов на работу в Чикаго в одном из подразделений Манхэттенского проекта. Он взял с собой студентов, а также одного техника, настоящего супер-ассистента, которого звали Эл (Альберт) Гиорсо. Гиорсо и Сиборг обладали совершенно противоположными темпераментами. На фотографиях мы неизменно видим Сиборга в костюме – даже в лаборатории. Гиорсо же неловко чувствовал себя во всем парадном, предпочитая носить жилет поверх рубашки с расстегнутой верхней пуговицей, а также толстые очки в черной оправе, и обильно напомаживал волосы. Нос и подбородок у Гиорсо были острые. Кроме того, в отличие от Сиборга, Гиорсо терпеть не мог политический бомонд. Гиорсо отличался некоторым ребячеством и доучился только до степени бакалавра, не желая далее грызть гранит науки. Тем не менее, польщенный приглашением, Гиорсо поехал вместе с Сиборгом в Чикаго, чтобы избавиться от монотонной работы – в Беркли он занимался только сборкой детекторов радиоактивности. Как только он прибыл на место, Сиборг сразу же нашел ему занятие – собирать детекторы радиоактивности.

Тем не менее Сиборг и Гиорсо сработались. Когда после войны они оба вернулись в Беркли (и тот, и другой обожали Калифорнийский университет), они начали синтезировать тяжелые элементы именно «с удивительной, если не сказать – пугающей частотой», как отметили журналисты *New Yorker.* Другие журналисты сравнивали химиков, открывавших новые элементы, с охотниками XIX века, ходившими на крупную дичь. Действительно, эти исследователи завораживали химиков-любителей, выставляя на всеобщее обозрение все новых экзотических «тварей». Если не считать такое сравнение преувеличением, то самыми упорными охотниками периодической системы (вооруженными огромными слонобоями, как Эрнест Хемингуэй или Теодор Рузвельт), были именно Сиборг и Гиорсо. Они открыли больше элементов, чем кто-либо еще, и расширили периодическую систему практически на одну шестую.

Их сотрудничество началось в 1946 году, когда Сиборг, Гиорсо и другие принялись бомбардировать чувствительный плутоний радиоактивными частицами. В этих опытах в ход шли не нейтроны, а альфа-частицы. Каждая альфа-частица состоит из двух протонов и двух нейтронов. Альфа-частицы имеют заряд, поэтому их проще разгонять до больших скоростей и направлять куда следует – не то что инертные нейтроны. Этим они напоминают борзых, которых дразнят механическим кроликом. Кроме того, когда альфа-частицы вреза́лись в

плутоний, ученые одним ударом сразу получали два элемента, поскольку девяносто шестой элемент (атом плутония + 2 протона) распадался до элемента № 95, извергая один протон.

Физики, работавшие под руководством Сиборга и Гиорсо, будучи первооткрывателями девяносто пятого и девяносто шестого элементов, получили право назвать их (эта неофициальная традиция вскоре привела к ожесточенной путанице).

Они решили окрестить новые элементы «америций» в честь Америки и «кюрий» в честь Марии Кюри. Сиборг, немного отступив от своего строгого имиджа, анонсировал открытие новых элементов не в научном журнале, а в детской радиопередаче, которая называлась Quiz Kids. Не по годам развитый карапуз поинтересовался у мистера Сиборга (смех в зале), не открыл ли тот в последнее время новых элементов. Сиборг ответил, что действительно открыл, и сказал юным радиослушателям, чтобы те попросили школьных учителей выбросить устаревшие варианты таблицы Менделеева. «Судя по письмам, которые я получал от маленьких детей, – вспоминал Сиборг в своей автобиографии, – учителя относились к такой идее довольно скептически».

Команда в Беркли продолжала эксперименты с бомбардировкой элементов альфа-частицами и в 1949 году открыла берклий и калифорний – об этом я писал выше. Гордые такими названиями, в надежде получить заслуженное признание, физики пригласили членов мэрии города Беркли отпраздновать это событие. Чиновники из мэрии восприняли новость с плохо скрываемой зевотой – ни мэр, ни его контора не понимали, что такого особенного может быть связано с периодической системой. Равнодушие муниципалитета разочаровало Гиорсо. До сих пор Альберт выступал за то, чтобы назвать девяносто седьмой элемент берклием и выбрать для него химический символ Bm, называя этот металл «подлецом» за те сложности, которые были связаны с его открытием. Возможно, Гиорсо забавляла мысль о том, что любой американский подросток, падкий на «шутки ниже пояса», увидит в таблице на стене химического класса символ Bm, соответствующий берклию, и захихикает. К сожалению, коллегам удалось переубедить Гиорсо, и берклий получил символ Bk[62].

Но холодная реакция мэра не смутила сотрудников Калифорнийского университета. Специалисты из Беркли продолжали заполнять новые клетки в периодической системе, радуя производителей школьных наглядных пособий, которые с готовностью заменяли устаревшие периодические таблицы. Команда открыла девяносто девятый и сотый элементы, эйнштейний и фермий. Эти атомы были обнаружены в радиоактивных кораллах, выросших в Тихом океане после испытания водородной бомбы в 1952 году. Но кульминацией этих экспериментов стал синтез элемента № 101.

Поскольку атомы тяжелых элементов становятся тем более хрупкими, чем больше в них протонов, ученым было все сложнее готовить достаточно крупные образцы, которые они могли бы бомбардировать альфа-частицами. Чтобы получить достаточное количество эйнштейния, из которого можно было бы синтезировать элемент № 101, перескочив сотую клетку, пришлось бы бомбардировать плутоний в течение трех лет. И это был только первый этап в механизме, не уступавшем по сложности пресловутой машине Руба Голдберга[63]. При каждой попытке получения элемента № 101 ученые наносили микроскопические количества эйнштейния на золотую фольгу и обстреливали их альфа-частицами. В таком образце требовалось специально растворять облученную золотую матрицу, так как она сама становилась радиоактивной, и ее излучение провоцировало бы интерференцию с излучением нового элемента. В более ранних экспериментах, связанных с синтезом новых элементов, ученые

[62] Игра слов: слово «stinker» одновременно означает «подлец», «негодник», «стерва» и «вонючка» (to stink – вонять). Аббревиатура BM на детском жаргоне означает «bowel movement», «движение кишок» – эвфемистическое название. – *Прим. пер.*

[63] Машина, выполняющая простое действие чрезвычайно сложным, многоступенчатым образом. Руб Голдберг – американский карикатурист. – *Прим. пер.*

на данном этапе насыпали образец в пробирку, смотрели, с чем он реагирует, а потом отыскивали его химические аналоги выше в таблице Менделеева. Но с элементом № 101 такой метод не подходил – просто не было достаточного количества атомов. Поэтому ученым оставалось идентифицировать новый элемент «посмертно» – смотреть, что остается на месте каждого атома после распада. Все равно что попасть по машине бомбой, а потом по оставшемуся металлолому пытаться определить, что же за машину мы взорвали.

Такую криминалистическую работу, конечно, они могли бы реализовать, но возникла еще одна проблема. Лаборатория, в которой можно было осуществить бомбардировку альфа-частицами, и экспертная лаборатория находились на расстоянии нескольких километров друг от друга. Поэтому при каждом пробном испытании, пока растворялась золотая фольга, Гиорсо сидел снаружи за рулем своего уже заведенного «фольксвагена», чтобы как можно быстрее доставить материал в другое здание. Эту операцию ученые проворачивали глубокой ночью, так как если бы Гиорсо застрял с образцом в автомобильной пробке, то он мог стать радиоактивным прямо во время заезда и похоронить все усилия. Примчавшись во вторую лабораторию, Гиорсо пулей взлетал вверх по лестнице. Образец проходил еще одну экспресс-очистку, а потом попадал в новейшие детекторы, собственноручно собранные самим Гиорсо. Теперь он гордился этим умением, поскольку создал ключевой прибор в самой сложной лаборатории в мире, где синтезировались сверхтяжелые элементы.

Команда без устали работала над проблемой, и февральской ночью 1955 года труды исследователей были вознаграждены. Предвкушая успех, Гиорсо подключил детектор излучения к системе пожарной сигнализации. Когда наконец датчик зафиксировал распад атома элемента № 101, сигнализация взвыла. Той ночью она сработала еще шестнадцать раз, и с каждым гудком собравшиеся ученые поднимали тост. Утром все пошли домой пьяные, усталые и счастливые. Но Гиорсо забыл отключить детектор, поэтому, когда утром раздался последний писк запоздавшего атома элемента № 101, он изрядно перепугал тех, кто уже пришел на работу[64].

Команда из Беркли, уже увековечившая свой родной город, штат и страну, предложила назвать элемент № 101 менделевием – в честь Дмитрия Ивановича Менделеева. С научной точки зрения это был очевидный выбор. С дипломатической точки зрения все было сложнее. Американцы осмелились воздать честь русскому ученому в годы холодной войны, и в США этот выбор был встречен без энтузиазма (правда, говорят, что Генеральному секретарю Никите Сергеевичу Хрущеву этот поступок очень понравился). Но Сиборг, Гиорсо и другие хотели продемонстрировать, что наука не опускается до политиканства даже в такие времена. Они могли позволить себе быть великодушными.

Вскоре Сиборг отправился в Камелот[65] к Джону Кеннеди. Лаборатория в Беркли продолжила работу под руководством Гиорсо. Она очевидно обходила все остальные мировые лаборатории, занимавшиеся исследованиями в области ядерной физики, – им приходилось довольствоваться лишь тем, чтобы следить за событиями в Беркли. Всего один раз специалисты из иностранной (шведской) лаборатории заявили, что им удалось опередить калифорнийцев и раньше них синтезировать элемент № 102, но убедительно доказать это открытие шведам не удалось. Ученые из Беркли тем не менее назвали сто второй элемент нобелием (в честь Альфреда Нобеля, изобретателя динамита и учредителя Нобелевских премий), а полу-

[64] Подробный рассказ об экспериментах, в ходе которых были получены трансурановые элементы от 94 до 110, а также автобиография Гленна Сиборга содержится в книгах великого ученого, особенно в книге Adventures in the Atomic Age («Приключения в атомном веке»), которую Сиборг написал в соавторстве с сыном Эриком. Книга очень интересна, так как Сиборг играл важную роль в научных и политических событиях на протяжении нескольких десятилетий. Правда, необходимо оговориться, что из-за чрезмерно педантичного стиля книга кое-где получилась скучноватой.

[65] Администрацию Джона Кеннеди, воспринимавшуюся в США как альянс молодых и благородных людей, с 1960 года сравнивали с Камелотом, столицей короля Артура. – *Прим. пер.*

ченный в начале 60-х сто третий элемент – лоуренсием (в честь Эрнеста Лоуренса, основателя и директора Радиационной лаборатории в Беркли).

А в 1964 году в СССР произошло событие, сравнимое с запуском спутника.

У некоторых народов России есть интересный миф о сотворении этой части мира. Давным-давно Бог шел по земле, неся в руках все минералы, и разбрасывал их повсюду, чтобы все природные богатства были распределены по справедливости. Какое-то время у него это получалось. Тантал лег в одной земле, уран – в другой и так далее. Но когда Бог пришел в Сибирь, его пальцы замерзли и окоченели, поэтому он уронил там сразу все металлы. Собирать их он не стал, так как было слишком холодно, и с отвращением удалился. Поэтому, хвастаются русские, недра их страны так богаты различными минералами.

Несмотря на такое геологическое изобилие, в России было открыто лишь два бесполезных элемента из тех, что встречаются в природе, – рутений и самарий. Совсем мало по сравнению с десятками элементов, впервые обнаруженных в Швеции, Германии, Франции. Список великих русских ученых-химиков, за исключением Менделеева, также скуден, как минимум по сравнению с Европой. По разным причинам – власть деспотичных царей, аграрная экономика, плохие школы, суровый климат – Россия просто не вырастила тех ученых-гениев, которых могла бы иметь. В этой стране долго не могли укрепиться даже простейшие научные достижения. Вплоть до 1918 года Россия жила по устаревшему юлианскому календарю, составленному астрологами Юлия Цезаря, отставая более чем на неделю во времени от Европы, где применялся более прогрессивный григорианский календарь. Именно поэтому день Октябрьской Революции, в результате которой в 1917 году к власти пришли большевики, приходится на 7 ноября.

Социалистическая революция победила не в последнюю очередь потому, что Ленин обещал осовременить отсталую Россию, а члены советского Политбюро утверждали, что ученые станут первыми среди равных в новом пролетарском раю. Несколько лет эти обещания действительно выполнялись, при власти Ленина ученые могли работать практически без вмешательства государства.

В России появились некоторые исследователи с мировым именем, которых государство с готовностью поддержало. Спонсирование не могло не порадовать ученых, но к тому же деньги оказались мощным средством пропаганды. Европейские ученые отмечали, как наладилось финансирование их советских коллег, даже не слишком выдающихся. Они надеялись (а надежда помогает поверить), что в конце концов западные правительства поймут важность научной работы. Даже в США, переживавших в начале 1950-х расцвет маккартизма, ученые зачастую завистливо наблюдали за советским блоком, где научный прогресс получал столь значительные материальные вливания.

Некоторые группы, например ультраправое Общество Джона Бёрча, основанное в 1958 году, считали, что СССР слишком умничает со своей наукой. В то время американское общество открыто противилось добавлению ионов фтора в водопроводную воду – эта мера была принята для борьбы с кариесом. Если не считать йодированной соли, фторирование воды – это одна из самых дешевых и эффективных инициатив, которые когда-либо применялись в области общественного здравоохранения. Именно благодаря этой программе многие люди впервые в истории смогли дожить до гробовой доски с собственными зубами во рту. Но, с точки зрения Общества Бёрча, фторирование воды было тесно связано с сексуальным просвещением и являлось одним из «пятидесяти коммунистических заговоров», призванных взять под контроль американское общество. Создавалось ощущение, что активисты Бёрча сидят в комнате смеха с кривыми зеркалами, усматривая прямую связь между местечковыми чиновниками сантехнической службы и злонамеренными врачевателями из Кремля. Большинство американских ученых с ужасом взирали на это бёрчевское антинаучное мракобе-

сие. Вероятно, по сравнению с этим советская риторика о повсеместном стимулировании науки должна была казаться благом.

Но впечатление о научном прогрессе в СССР было поверхностным. На самом же деле, в советской науке метастазировала ужасная опухоль. Иосиф Сталин, чья диктатура в СССР окрепла к 1929 году, имел своеобразные представления о науке. Он разделил всю науку – безграмотно, произвольно и губительно – на «буржуазную» и «пролетарскую» и обрушил репрессии на всех, кого причислили к первой категории. Несколько десятилетий во главе советской программы по развитию сельского хозяйства стоял выходец из бедных крестьян, «босоногий ученый» Трофим Лысенко. Сталин практически боготворил его, так как Лысенко отверг «регрессивную» идею о том, что все живые организмы, в том числе злаки, наследуют черты и гены от родительских особей. Лысенко пророчествовал, что правильное развитие – даже у растений – определяется только и исключительно правильным социальным окружением. Соответственно, советское общество должно было оказаться для хлебов более благотворным, чем капиталистическое «свинское» хозяйство. Он сделал все от него зависящее, чтобы превратить генетику в маргинальную область науки. Ее приверженцы-диссиденты попадали в тюрьмы и даже гибли за свои идеи. Разумеется, лысенковщина не позволила повысить урожайность зерновых. Миллионы колхозников, пытавшихся следовать этой доктрине, голодали. В годы массового голода один британский генетик мрачно охарактеризовал Лысенко как человека «ничего не смыслившего в элементарных принципах генетики и физиологии растений… разговор с Лысенко напоминал попытки объяснить дифференциальное исчисление человеку, не имеющему понятия о таблице умножения».

Сталин арестовывал ученых и заставлял их работать на государство в рабских трудовых лагерях. Многих он отправил на печально знаменитые никелевые рудники в районе Норильска. Этот город находится на севере Сибири, температура там регулярно падает ниже -25 °С. Норильск строился как город никелевых разработок, но впоследствии в городе регулярно стоял запах серы, добавляемой в дизельное топливо. Подневольные рабочие извлекали из норильской земли значительные количества токсичных элементов: мышьяка, свинца, кадмия. Район Норильска быстро загрязнялся, дым окрашивал небо. В зависимости от того, какой из тяжелых металлов обрабатывался активнее, в городе выпадал то синий, то розовый снег. Когда в атмосферу попадали сразу все металлы, снег становился черным (иногда он выпадает там и сегодня). Напоследок стоит рассказать и о самом жутком явлении тех краев – говорят, что до сих пор ни одно дерево не растет в радиусе 50 километров от ядовитых никелевых плавилен[66]. В городе есть мрачная шутка в стиле русского черного юмора о том, что бомжи в Норильске не просят милостыню, а собирают в чашки дождь, выпаривают воду и продают оставшиеся на дне цветные металлы. Оставив шутки, необходимо признать, что не одно поколение советских ученых было потеряно, так как даже образованным людям приходилось добывать никель и другие металлы для советской индустрии.

Сталин, будучи абсолютным реалистом, также не доверял «зловещим», непонятным научным направлениям, таким как квантовая механика и теория относительности. Уже в 1949 году он решил расправиться с буржуазными физиками, которые выражали несогласие с официальной идеологией, первым делом ополчившись на их теории. Сталин отказался от этих планов после того, как какой-то смелый советник указал, что это может замедлить развитие советской ядерной программы. Кроме того, Сталин не стремился устраивать чистки среди физиков, хотя представители других научных дисциплин очень пострадали от сталинских репрессий. Поскольку физика значительно переплетается с конструированием новых

[66] Информация об отсутствии деревьев в районе Норильска взята с сайта Time.com, который в 2007 году причислил Норильск к десяти наиболее загрязненным городам мира. См. http://www.time. com/time/specials/2007/article/0,28804,1661031_1661028_1661022, 00.html.

видов оружия, а к тому же не занимается вопросами человеческой природы, физики в сталинскую эпоху избежали тех страшных гонений, которые обрушились на биологов, психологов и экономистов. «Оставьте их [физиков] в покое, – великодушно соглашался Сталин, – мы в любой момент сможем расстрелять их позже».

Есть и другая причина, по которой Сталин дал послабление физикам. Отец народов требовал верности, а советская программа по разработке ядерного оружия началась с очень лояльного к Сталину человека, физика-ядерщика Георгия Николаевича Флерова. На самом известном парадном портрете Флеров немного напоминает персонажа из водевиля: ученый улыбается, блещет лысиной, на которой невольно дорисовывается корона. Он немного полноват, с густыми бровями и неаккуратно повязанным галстуком – не хватает только красной гвоздики в петлице.

«Дядя Жора» с этой фотографии оказался очень прозорливым. В 1942 году Флеров обратил внимание, что, несмотря на значительные успехи, достигнутые немецкими и американскими учеными в изучении деления ядер урана в последнее время, в научных журналах перестали появляться публикации на эту тему. Флеров логично заключил, что изучение ядерного распада стало государственной тайной, – и сделал соответствующие выводы. В письме, напоминавшем знаменитое послание Эйнштейна Франклину Рузвельту (о запуске Манхэттенского проекта), Флеров поделился со Сталиным своими подозрениями. Сталин, обеспокоенный и подозрительный, собрал десятки физиков и поручил им разработать советскую ядерную программу. Но Флерова он отметил и не забыл о его верности.

Сегодня, когда мы знаем, каким чудовищем был Сталин, кому-то хочется порицать Флерова. Если бы физик помалкивал, то Сталин, вероятно, узнал бы об атомной бомбе только в августе 1945 года. Поступок Флерова позволяет поразмыслить о еще одной возможной причине, по которой в России так долго не могла вырасти научная элита. Эта причина – в раболепии, которое является настоящим проклятием науки. Так, в 1878 году, еще при жизни Менделеева, один русский геолог назвал минерал, содержавший самарий, в честь своего начальника, полковника Самарского. Самарский был бледной тенью в истории, обычным чиновником из горного ведомства. Можно без преувеличения сказать, что он меньше кого-либо заслужил увековечивания в таблице Менделеева.

Но случай Флерова не так однозначен. Он наблюдал, как были сломаны судьбы многих его коллег – в частности, в ходе беспрецедентной чистки в Академии наук пострадали 650 ученых, многие из которых были приговорены к расстрелу за изменническое «препятствование прогрессу». В 1942 году двадцатидевятилетний Флеров обладал немалыми научными амбициями и имел талант, чтобы реализовать их. На родине он оказался словно в большой тюрьме и знал, что единственный способ продвинуться – это политические игры. И письмо Флерова сработало. Сталин и его окружение были так воодушевлены, когда в 1949 году СССР испытал собственную атомную бомбу, что через восемь лет партийные лидеры выделили товарищу Флерову его собственную исследовательскую лабораторию. Это был отдельный научный комплекс в тихом городке Дубна (125 километров от Москвы). Государство не вмешивалось в его работу. Верное служение Сталину было понятным выбором молодого ученого, пусть и небезупречным с моральной точки зрения.

В Дубне Флеров разумно сосредоточился на «кабинетной науке» – амбициозных, но очень сложных исследованиях, суть которых непросто объяснить непрофессионалу. Ученый считал, что его работа вряд ли заинтересует недалеких идеологов. И к 1960 году, благодаря усилиям лаборатории в Беркли, поиск новых элементов совершенно преобразился по сравнению с тем ремеслом, которым был ранее (грязная ручная работа, связанная с копанием в странных минералах). Теперь это был утонченный научный поиск, в котором элементы «существовали» только как сигналы детекторов радиации, управляемых компьютерами (или, если на то пошло, как гудки пожарной сигнализации). Даже бомбардировка

тяжелых элементов альфа-частицами была пройденным этапом, поскольку наиболее тяжелые элементы стремительно распадались и не подходили для использования в качестве мишеней.

Вместо этого ученые стали внимательнее присматриваться к периодической системе и пытаться сплавлять воедино сравнительно легкие элементы. На поверхностном уровне эти проекты сводились к чистой арифметике. Так, для получения элемента № 102 можно было теоретически бомбардировать магнием (12) торий (90) или ванадием (23) золото (79). Но на практике «сплавлялись» лишь немногие пары изотопов, поэтому ученым требовалась масса времени на вычисления, чтобы определять перспективные пары элементов, на работу с которыми стоило тратить силы и деньги. Флеров и его коллеги без устали занимались исследованиями и научились копировать методы, разработанные в Беркли. Именно благодаря Флерову к концу 50-х Советский Союз перестал быть задворками физической науки. Сиборг, Гиорсо и другие члены команды из Беркли смогли раньше русских синтезировать элементы № 101, 102 и 103. Но в 1964 году, через семь лет после запуска первого искусственного спутника Земли, группа из Дубны заявила, что впервые смогла синтезировать элемент № 104.

В калифорнийской лаборатории новость вызвала шок, вскоре сменившийся гневом. Была уязвлена гордость физиков, команда проверила результаты советских ученых и, неудивительно, отвергла их как преждевременные и фрагментарные. Ученые из Беркли приступили к работе по созданию сто четвертого элемента – команда под руководством Гиорсо, пользуясь консультациями Сиборга, получила этот элемент в 1969 году. Но к тому времени в Дубне уже был синтезирован сто пятый элемент. Опять же, в Беркли этот результат не признали, настойчиво утверждая, что советские физики неверно интерпретируют собственные данные. Оскорбления рвались как коктейль Молотова. В 1974 году обеим группам удалось получить элемент № 106 с разницей всего в несколько месяцев. К тому моменту от международного научного единства, в знак которого был назван менделевий, не осталось и следа.

Чтобы подтвердить свои претензии, обе группы стали называть «свои» элементы. Углубляться в подробности я не буду, но интересно отметить, что ученые из Дубны назвали один из элементов дубний – по аналогии с берклием. В свою очередь, физики из Беркли назвали сто пятый элемент в честь Отто Гана, а потом, по настоянию Гиорсо, окрестили сто шестой элемент сиборгием в честь Гленна Сиборга. На тот момент Сиборг еще здравствовал, а называть элементы в честь живых современников было не принято. Многие сочли этот поступок бестактностью в наглом американском стиле. По всему миру дуэль с именованием элементов проникла в научные журналы, а типографии, печатавшие новые периодические таблицы, были совершенно сбиты с толку.

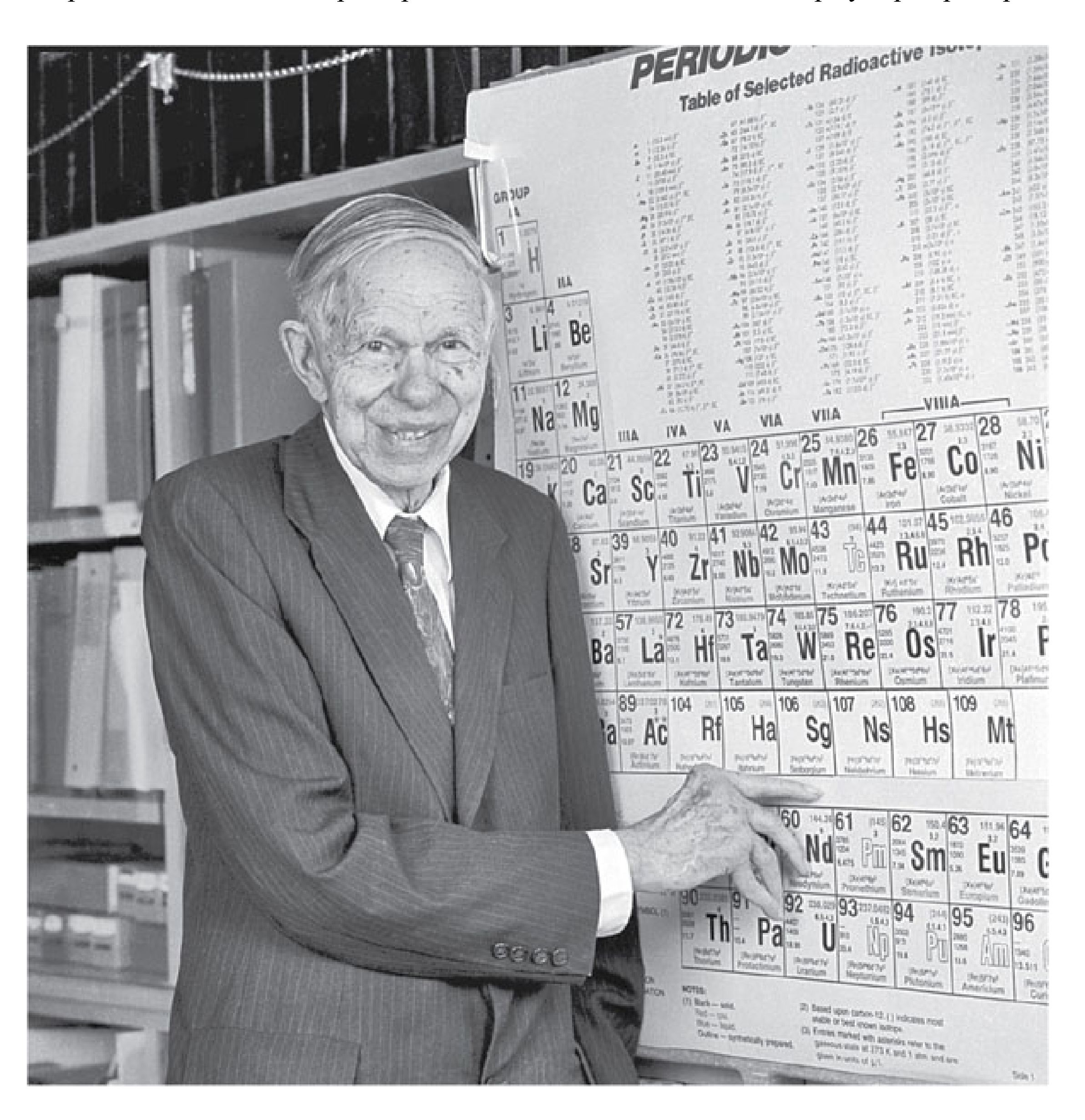
Интересно отметить, что такие прения продолжались вплоть до 1990-х, когда в спор вмешались ученые из ФРГ, вклинившиеся в американо-советские научные стычки и заявившие о собственном приоритете в открытии некоторых элементов. В конце концов, ситуацию пришлось разрешать в ИЮПАК (Международном союзе теоретической и прикладной химии). Эта организация выступила в качестве третейского судьи.

ИЮПАК направил девять ученых во все три лаборатории на несколько недель. Эти специалисты должны были отбросить все накопившиеся обвинения и обратиться к исходным данным. По истечении этих недель все девять собрались на своеобразный «суд присяжных». В конце концов они объявили, что соперникам по холодной войне пришло время обменяться рукопожатиями и поделить славу открытия всех элементов. Такое соломоново решение никого не устроило: каждый элемент может иметь лишь одно название, и реальная награда за открытие – это закрепление химического символа в таблице Менделеева.

В 1995 году девять мудрецов объявили предварительные официальные названия для элементов с № 104 по 109. Компромисс устроил ученых из Дубны и Дармштадта (именно там находится немецкий центр ядерных исследований). Но когда группа из Беркли обна-

ружила, что сиборгий исключен из списка, калифорнийцы пришли в ярость. Была созвана пресс-конференция, на которой физики из Беркли заявили: «Идите к черту – в Соединенных Штатах Америки этот элемент будет называться сиборгием». Лабораторию в Беркли поддержала влиятельная американская химическая организация, публикующая престижные журналы, в которых желают напечататься выдающиеся химики со всего мира. Это изменило расстановку сил, и специалисты ИЮПАК пошли на уступки. В 1996 году вышел окончательный официальный список, который наверняка кого-то не устраивает. Он включал названия элементов, фигурирующие в периодической таблице и сегодня: резерфордий (104), дубний (105), сиборгий (106), борий (107), хассий (108) и мейтнерий (109). Ученые из Беркли вышли из этих споров победителями (подумать только, а когда-то газета *New Yorker* писала, что они неприспособленны к связям с общественностью). В Беркли был сделан

снимок, на котором изображен престарелый Сиборг, стоящий рядом с огромной таблицей Менделеева. Ученый указывает грубым искривленным пальцем на элемент, названный его именем. Лучезарная улыбка Сиборга ничуть не напоминает о тех научных баталиях, первые залпы которых раздались тридцатью двумя годами ранее и ожесточенность которых может сравниться лишь с непримиримостью холодной войны. Сиборг умер через три года.



После долгих десятилетий соперничества с советскими и немецкими учеными дряхлый, но довольный Гленн Сиборг указывает на элемент, названный в его честь. Это сиборгий, № 106, единственный элемент, получивший название в честь живого человека (фотография любезно предоставлена Национальной лабораторией Беркли им. Лоуренса)

Но подобная история не могла закончиться тихо и незаметно. К 1990-м годам химическая школа Беркли ослабла, уступив ведущие позиции российским и особенно немецким институтам. Удивительно быстро, за период с 1994 по 1996 год, немцы синтезировали элемент № 110, сейчас носящий название дармштадтий (химический символ Ds) – в честь города Дармштадта, где он был открыт; элемент № 111 рентгений (Rg) – в честь великого немецкого физика Вильгельма Рентгена. Здесь же был синтезирован элемент № 112 – последний в таблице Менделеева по состоянию на июнь 2009 года – получивший название коперниций[67]. Успехи немцев, несомненно, являются основной причиной, по которой Беркли так рьяно отстаивал свою былую славу: несложно было догадаться, что будущее уже не за калифорнийцами. Тем не менее Беркли не собирался сдаваться. В 1996 году была сделана попытка переломить ситуацию – на работу в Беркли пригласили молодого болгарина по имени Виктор Нинов. Нинов участвовал в открытии элементов № 110 и 112, но перебрался из Германии в США, чтобы вдохнуть новые силы в обветшавшие исследовательские программы Беркли. Нинов даже вытащил Гиорсо из добровольного полузабвения (Гиорсо любил приговаривать, что «Нинов так же хорош, как молодой Эл Гиорсо»), и лаборатория вновь наполнилась оптимизмом.

Чтобы громко заявить о возврате в большую науку, в 1999 году группа Нинова поставила противоречивый эксперимент. В основе его лежали расчеты польского физика-теоретика, предположившего, что при бомбардировке ядер свинца (82) криптоном (36) могут образоваться атомы сто восемнадцатого элемента. Многие отвергли эти расчеты как чепуху. Но Нинов решил покорить Америку, как уже покорил Германию, и взялся за этот эксперимент. Синтез элементов к тому времени превратился в многолетние проекты стоимостью в миллионы долларов – такими экспериментами нельзя заниматься наудачу, – но опыт с криптоном чудесным образом удался! «Вероятно, Виктор проконсультировался с Богом», – шутили коллеги. Но самое интересное заключалось в том, что элемент № 118 практически мгновенно распадался, теряя альфа-частицу, и превращался в элемент № 116, который на тот момент тоже еще не был получен. Одним ударом в Беркли удалось открыть сразу два новых элемента! По кампусу Беркли потекли слухи о том, что команда отметит заслуги престарелого Альберта Гиорсо и назовет в его честь сто восемнадцатый элемент «гиорсием».

Но вот незадача… когда русские и немцы попытались воспроизвести результаты американцев, они не обнаружили сто восемнадцатого элемента, только свинец и криптон. Вероятно, этот нулевой результат досадил американцам, поэтому несколько ученых из Беркли попробовали сами воспроизвести эксперимент. Они тоже ничего не обнаружили, даже после месяцев долгих проверок. Проблемой заинтересовалась озадаченная администрация университета. Попытки проверить исходные данные по элементу № 118 открыли ужасающую истину: этих данных не существовало. Не было никаких подтверждений того, что элемент № 118 когда-либо существовал, нашлись только сделанные постфактум обобщения, где хаотические наборы нулей и единиц выдавались за обнаруженные атомы. Судя по всему, Виктор Нинов, контролировавший критически важные детекторы излучения и обслуживавшие их компьютерные программы, просто подделал данные и выдал их за реальные. Никто не

[67] В июне 2009 года я написал статью для сайта slate.com под названием Periodic Discussions (http://www.slate.com/id/2220300/). Она немного пересекается с материалом этой главы. В статье я подробно рассказываю, почему понадобилось целых тринадцать лет, чтобы коперниций превратился из «рабочей версии» в полноправного члена Периодической системы.

подозревал, что тот невероятно сложный научный аппарат, который используется при расширении периодической системы, может таить в себе такую опасность: когда элементы фиксируются только компьютером, единственный человек может вмешаться в работу машины и одурачить весь мир.

Униженные американцы отозвали заявление об открытии элемента № 118. Нинов был уволен, а сама лаборатория пережила радикальное сокращение финансирования, из-за чего потеряла каждого десятого сотрудника. До сих пор Нинов отрицает, что подделал данные. Но, в довершение всего, когда немецкие ученые решили перепроверить информацию об исследованиях Нинова, выполненных в Германии, они также признали недействительными некоторые (но не все) его открытия. Хуже того, американским ученым пришлось отправиться в Дубну и присоединиться к проводившимся там исследованиям тяжелых элементов. В 2006 году международная группа, работавшая в Дубне, объявила, что в результате бомбардировки мишени из жидкого калифорния десятью миллиардами миллиардов атомов кальция удалось получить три атома элемента № 118. Неудивительно, что это заявление оспаривается, но если оно подтвердится – а пока нет причин в этом сомневаться, – исчезнут всякие шансы на появление «гиорсия» в периодической системе. Поскольку открытие было совершено в российской лаборатории, русские – хозяева положения. Уже известно, что элемент предполагается назвать флёром[68].

[68] В 2012 году в честь Флерова был назван элемент № 114, получивший название флеровий и химический символ И. Элемент № 116 получил название ливерморий и символ Lv – в честь американского города Ливермор, где находится крупнейшая лаборатория, занятая исследованиями в области ядерной физики. По состоянию на лето 2012 года элемент № 118 еще не имеет названия. – *Прим. пер.*

Часть III. Периодическая путаница рождение: сложности

8. От химии к биологии

Гленн Сиборг и Эл Гиорсо перевели охоту за неизвестными элементами на качественно новый уровень мастерства, но они, конечно, были не единственными учеными, сыгравшими ключевую роль в заполнении пробелов в периодической таблице. На самом деле, когда в 1960 году журнал ***Time*** назвал пятнадцать ученых в рубрике «Люди года», среди лауреатов оказались не Сиборг и Гиорсо, а величайший первооткрыватель элементов из более ранней эпохи, тот человек, который нашел самый неуловимый и эфемерный элемент во всей таблице. И случилось это в годы, когда Сиборг еще учился в университете. Этим человеком был Эмилио Сегре.

Редакторы *Time* попытались оформить обложку этого выпуска в футуристическом стиле. В центре картинки изображено крошечное пульсирующее красное ядро. Окружают его не электроны, а пятнадцать снимков крупным планом. Все изображенные на них люди – со сдержанным и напыщенным выражением лица, знакомым всякому, кто когда-либо потешался над портретами учителей на развороте выпускного альбома. Вы найдете здесь лица генетиков, астрономов, пионеров лазерной техники и борцов с раком. Не обошлось и без угрюмой физиономии Уильяма Шокли, завистливого исследователя транзисторов и будущего евгеника. Даже в этом номере Шокли не удержался и пространно высказался о своих расовых теориях. Несмотря на «школьность» обложки, на фотографии собралась блистательная компания, и журнал *Time* подобрал лауреатов так, чтобы громогласно заявить о сложившемся в мире неожиданно сильном доминировании американской науки. За первые сорок лет вручения Нобелевских премий, вплоть до 1940 года, американские ученые были отмечены ими пятнадцать раз. За следующие двадцать лет в Америку отправились уже сорок две премии[69].

Сегре был одновременно и иммигрантом, и евреем. Его пример красноречиво свидетельствует, какую важную роль в обеспечении внезапного американского научного доминирования сыграли беженцы, вынужденные покинуть Европу из-за Второй мировой войны. Среди пятнадцати ученых с обложки Сегре являлся одним из самых старших, ему было уже пятьдесят пять. Его портрет находится в верхней левой четверти рисунка, выше и левее снимка еще более пожилого человека – Лайнуса Полинга. Полингу было уже пятьдесят

[69] Кроме Сегре, Шокли и Полинга на этой обложке *Time* также оказались: Джордж Бидл, Чарльз Дрейпер, Джон Эндерс, Дональд Глазер, Джошуа Ледерберг, Уиллард Либби, Эдвард Пёрселл, Исидор Раби, Эдвард Теллер, Чарльз Таунс, Джеймс ван Аллен и Роберт Вудворд.В этой статье журнала *Time* о «Людях года» содержались высказывания Шокли о расовом вопросе (очевидно, автор считал, что высказал Шокли комплимент, но метафора о Банче должна была звучать дико даже в те годы, а сегодня она кажется попросту гнусной): «Уильям Шокли, 50 лет, относится к той редкой категории ученых, кого не волнует потребительская применимость или практическая ценность его исследований. Шокли отмечает: "Вопрос о том, насколько прикладным и насколько фундаментальным является то или иное исследование, напоминает мне вопрос о том, сколько негритянской и сколько европейской крови может быть у Ральфа Банча. Это не важно, важно, что Ральф Банч – великий человек"».Эта статья также позволяет убедиться, что к 1960 году твердо закрепился миф о том, что именно Шокли является основным изобретателем транзистора: «Физик-теоретик Шокли, поступивший на работу в *Bell Telephone Laboratories* в 1936 году, сразу же после окончания Массачусетского технологического института, был одним из членов команды, нашедшей практическое применение такому явлению, которое ранее считалось кабинетным научным фокусом. Речь идет об использовании кремния и германия в качестве фотоэлектрических элементов. Вместе с коллегами Шокли получил Нобелевскую премию за то, что смог превратить кусочки германия в первые транзисторы – крошечные умные кристаллы, которые сегодня находят широкое применение в бурно развивающейся отечественной электронной промышленности и активно приходят на смену вакуумным трубкам».

девять, он изображен чуть ниже и ближе к середине. Эти два человека помогли полностью преобразовать химию периодической системы и, не будучи близкими друзьями, активно полемизировали и обменивались письмами по взаимно интересующим их темам.

Однажды Сегре в письме попросил у Полинга консультацию об экспериментах с радиоактивным бериллием. Позже Полинг поинтересовался у Сегре, как планируется назвать элемент № 87 (франций). Сегре участвовал в его открытии, а Полинг собирался упомянуть об этом элементе в статье о периодической системе, которую как раз готовил для Британской энциклопедии.

Более того, они вполне могли оказаться – и даже должны были оказаться – коллегами по факультету. В 1922 году Полинг прибыл в Калифорнию. В том же году он закончил химический факультет Орегонского университета, после чего написал письмо Гилберту Льюису (как мы помним, это был знаменитый химик, которому так и не удалось получить Нобелевскую премию) в Калифорнийский университет города Беркли, в котором интересовался о возможности поступления в аспирантуру. Льюис так и не ответил на этот запрос, поэтому Полинг поступил в Калифорнийский технологический институт. Там он и пробыл до самого 1981 года, сначала студентом, а потом преподавателем. Далеко не сразу в Беркли осознали, что письмо Полинга просто затерялось. Если бы Льюис в свое время его прочел, то, вероятно, с готовностью принял бы Полинга. Учитывая, что Льюис старался обязательно трудоустраивать успешных аспирантов на факультете, Полинг наверняка провел бы в Беркли всю оставшуюся жизнь.

Позже Сегре присоединился бы к Полингу в этом университете. В 1938 году Сегре был одним из многих еврейских беженцев из Европы. Именно в том году Бенито Муссолини подчинился требованию Гитлера и сместил с должностей всех еврейских профессоров, работавших в Италии. Как ни незавидна была его участь в Европе, обстоятельства приема Сегре на работу в Беркли оказались не менее унизительными. На момент увольнения с итальянской кафедры Сегре находился в творческом отпуске, который проводил в знаменитой Радиационной лаборатории Беркли, не менее прославленной, чем химический факультет Калифорнийского университета. Внезапно превратившись в перепуганного изгоя, Сегре стал умолять директора Радиационной лаборатории взять его на работу. Директор легко согласился, но предложил беженцу очень низкую зарплату. Несложно было понять, что Сегре в такой ситуации согласится на любые условия, поэтому директор не постеснялся предложить ему жалованье на 60 процентов меньше среднего – вместо значительной суммы в 300 долларов Сегре мог рассчитывать всего на 116. Сегре был вынужден принять такие условия, а потом забрал из Италии свою семью, раздумывая, на что же будет ее содержать.

Сегре смог стерпеть это унижение, и в течение следующих нескольких десятилетий он и Полинг (в особенности Полинг) стали легендарными фигурами в своих научных областях. Они и сегодня остаются одними из самых великих ученых, о которых не знает почти никто из неспециалистов. Но между Сегре и Полингом была еще одна, практически забытая сегодня общая черта – *Time* о ней ожидаемо умолчал. Дело в том, что Полинг и Сегре навсегда оказались объединены дурной славой как ученые, совершившие две крупнейшие ошибки в истории науки.

Начнем с того, что научные ошибки далеко не всегда приводят к плачевным результатам. Вулканизированный каучук, тефлон и пенициллин – вот самые известные последствия таких ошибок. Камилло Гольджи открыл окрашивание осмием – метод, позволяющий рассмотреть фрагменты нейронов, – случайно пролив раствор на мозговую ткань. Даже откровенно ложные мнения – например, заявление естествоиспытателя и алхимика XVI века Парацельса о том, что ртуть, сера и соль относятся к первоэлементам мироздания, – помогли алхимикам отвлечься от безумной погони за искусственным золотом и углубиться в реаль-

ный химический анализ. Благословенные промахи и грубые ошибки двигали развитие науки на протяжении всей истории.

Но Полинг и Сегре совершили ошибки другого рода. Оба они отличились неприятнейшими провалами, после которых стыдно смотреть людям в глаза и хочется лишь одного – чтобы об этом не узнал ректор. В защиту этих ученых можно, конечно, добавить, что оба они работали над исключительно сложными проектами. Эти исследования были основаны на химии отдельных атомов, но выходили далеко за пределы химической науки и были призваны объяснить общие принципы работы атомных систем. К тому же оба могли избежать ошибок, если бы более тщательно изучали ту самую периодическую систему, устройство которой они пытались прояснить.

Если уж говорить об ошибках, начнем с того, что ни один элемент не обнаруживался «впервые» чаще, чем сорок третий. Это было настоящее лохнесское чудовище таблицы Менделеева.

В 1828 году немецкий химик объявил об открытии двух новых элементов – «полиния» и «плурания», один из которых, предположительно, и должен был занять сорок третью клетку периодической системы. Оба этих «элемента» оказались загрязненным иридием. В 1846 году другой немецкий химик открыл «ильмений», оказавшийся на самом деле ниобием. Уже в следующем году кто-то еще открыл «пелопий», также представлявший собой образец ниобия. Наконец в 1869 году искатели сорок третьего элемента получили долгожданную подсказку: Менделеев создал свою таблицу и оставил заманчивый пропуск между сорок вторым и сорок четвертым элементом. Тем не менее работа Менделеева, которая сама по себе была превосходным научным достижением, спровоцировала множество научных ошибок, так как стимулировала ученых разыскивать элементы, которые они уже мысленно себе нарисовали. Через восемь лет после создания таблицы один русский ученый достаточно уверенно записал в сорок третью клетку «открытый» им элемент «дэвий», хотя этот «металл» и весил на пятьдесят процентов больше, чем должен был весить. Позже удалось определить, что за «дэвий» была принята смесь из трех элементов. Наконец, в 1896 году был «открыт» «люций». Уже на заре XX века «отменили» и этот элемент, оказавшийся иттрием.

В новом веке поиски сорок третьего элемента стали еще более азартными. В 1909 году японец Масатака Огава заявил об открытии элемента, который назвал «ниппонием» в честь своей родины. Все предыдущие фальшивые «сорок третьи» оказывались просто загрязненными образцами или открытыми ранее рассеянными элементами. Но Огава действительно открыл новый элемент, только не тот, который искал. В погоне за сорок третьим элементом японец просто проигнорировал другие пробелы в таблице. Когда же его находка не подтвердилась, Огава устыдился и просто забросил эту работу. Лишь в 2004 году его соотечественник перепроверил данные Огавы и пришел к выводу, что тому удалось впервые выделить рений, семьдесят пятый элемент, даже не подозревая об этом. В 1909 году рений еще оставался неизвестным. Если попытаться задуматься, как же расценивать открытие Огавы – как повод для посмертного признания за совершенное открытие (ведь что-то он открыл!) либо как повод еще сильнее досадовать из-за этой драматической ошибки, – то вопрос переходит в плоскость «стакан наполовину пуст» или «стакан наполовину полон».

Бесспорное открытие семьдесят пятого элемента произошло в 1925 году. Это сделали сразу три немецких химика – Отто Берг и супружеская пара Вальтер и Ида Ноддаки. Они назвали новый металл рением в честь реки Рейн. В то же время они объявили и еще об одном открытии, «застолбив» сорок третью клетку. В нее они поместили элемент, который назвали «мазурием» в честь исторической области в Пруссии. Учитывая, что примерно десятилетием ранее национализм разрушил старую Европу, другие ученые прохладно восприняли инициативу этих «тевтонцев». Названия казались даже шовинистическими – ведь именно на Рейне и в Мазурии Германия одержала наиболее крупные победы в годы минувшей миро-

вой войны. На всем континенте зародился научный «заговор», целью которого было дискредитировать открытия немцев. Данные по рению казались безупречными, поэтому скептики сосредоточились на гораздо более фрагментарной работе, связанной с «мазурием». Некоторые современные ученые не исключают, что немцы действительно могли открыть сорок третий элемент, но в статье немецкого трио о мазурии содержатся грубые ошибки – в частности, объем полученного «мазурия» оказался завышен в тысячи раз. В результате ученые, уже относившиеся с подозрением ко всем новым заявлениям об открытии сорок третьего элемента, объявили это открытие недействительным.

Лишь в 1937 году получить сорок третий элемент удалось двум итальянцам. Для этого ученые – звали их Эмилио Сегре и Карло Перрье – воспользовались достижениями новейших работ в области ядерной физики. Сорок третий элемент в наши дни очень редок по той причине, что он радиоактивен и практически все его атомы, имеющиеся в земной коре, уже распались до молибдена (сорок второй элемент) миллионы лет назад. Таким образом, чтобы его найти, следовало не просеивать тонны руды в поисках ничтожных долей грамма (как поступили Берг и Ноддаки), а осуществить синтез. В этом итальянцам помог их тогда еще малоизвестный американский коллега.

Несколькими годами ранее этот американец, Эрнест Лоуренс (охарактеризовавший заявление Берга и Ноддаков об открытии сорок третьего элемента как «бредовое»), изобрел специальный прибор, предназначенный для сталкивания атомов на больших скоростях. Этот аппарат назывался циклотроном и предназначался для получения значительных объемов радиоактивных элементов. Лоуренса больше интересовал синтез изотопов имеющихся элементов, а не новых металлов. Но Сегре, посетивший лабораторию Лоуренса в 1937 году во время научной командировки в Америке, узнал, что в циклотроне используются молибденовые детали, постепенно приходящие в негодность. От такого известия внутренний счетчик Гейгера, сидевший где-то в душе у Сегре, застучал, как бешеный. Он скромно поинтересовался у Лоуренса, не мог бы тот отдать для работы использованные молибденовые компоненты. Через несколько недель Лоуренс, откликнувшийся на просьбу Сегре, с готовностью выслал несколько молибденовых полосок в Италию, воспользовавшись для этого обычной почтой. Интуиция не подвела Сегре: в полученных полосках они с Перрье нашли следы сорок третьего элемента. Так самый неуловимый элемент занял свою клетку в периодической системе.

Разумеется, немецкие химики не отказались от своих претензий на открытие «мазурия». Вальтер Ноддак даже наведался к Сегре в Италию и крупно с ним повздорил. Более того, он явился к коллеге в устрашающей камуфляжной форме, покрытой свастиками. Разумеется, никакого разговора со взвинченным взрывным Сегре у него не получилось, тем более что Эмилио испытывал в связи с новым элементом и политическое давление. Функционеры Университета Палермо, где работал Сегре, склоняли его назвать открытый элемент «панормием» в честь латинского наименования Палермо. Вероятно, Сегре и Перрье колебались, памятуя о националистической истерии вокруг «мазурия», поэтому и окрестили сорок третий элемент технецием. В переводе с греческого это слово означает «искусственный». Название получилось очень точным, пусть и неброским – ведь технеций действительно был первым элементом, который удалось синтезировать вручную. Но такое название нисколько не прибавило популярности самому Сегре, и в 1938 году он взял творческий отпуск. Свой отпуск Сегре решил провести в Беркли, сотрудничая с Лоуренсом.

Нет никаких свидетельств того, что Лоуренс затаил злобу на Сегре за такой молибденовый гамбит, но именно Лоуренс в том же году согласился взять итальянца на работу за гроши. На самом деле, Лоуренс просто проигнорировал чувства Сегре и только съязвил, что те 184 доллара ежемесячной экономии он с удовольствием потратит на оборудование, например на свой драгоценный циклотрон. Увы, это лишний раз доказывает, что Лоуренс,

отлично умевший привлекать средства и руководить исследованиями, совершенно бестолково строил отношения с людьми. Стоило Лоуренсу привлечь в команду одного блестящего ученого, как он тут же терял другого не менее ценного специалиста из-за своих диктаторских замашек. Даже Гленн Сиборг, горячий сторонник Лоуренса, однажды заметил, что именно в вызывавшей всеобщую зависть прославленной Радиационной лаборатории Лоуренса, а не в Европе должны были быть совершены два наиболее важных открытия того времени – искусственная радиоактивность и ядерный распад. Тот факт, что Лоуренс не сделал ни того, ни другого, был, по мнению Сиборга, неописуемым провалом.

Не исключено, что этот провал Лоуренса вызывал у Сегре сочувствие – ведь эти открытия могли быть совершены и в Италии, с участием Сегре. В 1934 году Сегре работал главным ассистентом в команде легендарного итальянского физика Энрико Ферми. Именно в тот год Ферми объявил всему миру (как оказалось – ошибочно), что в результате бомбардировки образцов урана нейтронами ему удалось открыть девяносто третий и другие трансурановые элементы. Ферми долго обладал репутацией самого «быстрого разума» в науке, но в данном случае поспешные выводы подвели его. На самом деле, он упустил гораздо более многозначительное открытие, чем синтез трансурановых элементов: Ферми за много лет до всех своих коллег смог запустить в уране реакцию ядерного распада, но даже не осознал этого. Когда в 1939 году два немецких физика оспорили результаты Ферми, вся итальянская лаборатория оцепенела – еще бы, ведь Ферми уже успел получить Нобелевскую премию за свое «открытие»! Особенно разочарован был Сегре. Он руководил группой, которая занималась анализом образцов и идентификацией новых элементов. Хуже того, Сегре сразу же вспомнил, что он (и не только он) еще в 1934 году читал статью о возможности ядерного распада, но отверг ее, как надуманную и необоснованную. По злой иронии судьбы, автором статьи была все та же злосчастная Ида Ноддак[70].

Позже Сегре стал известным историком науки (а также, между прочим, заядлым грибником). Он упомянул об ошибке с ядерным распадом в двух книгах, в обоих случаях лаконично выразив одну и ту же мысль: «Однако от нас ускользнула возможность деления, хотя Ида Ноддак специально обращала на нее наше внимание: она прислала нам статью, в которой недвусмысленно говорилось, что результаты можно интерпретировать как раскалывание тяжелого атома на две приблизительно равные части. Чем объяснить нашу слепоту, не вполне ясно»[71].

В качестве интересного исторического курьеза он также отметил, что ближе всего к открытию деления ядра подошли две женщины – Ида Ноддак и Ирен Жолио-Кюри, дочь Марии Кюри. Наконец, честь открытия деления ядер также принадлежит женщине, Лизе Мейтнер.

К сожалению, Сегре воспринял этот урок об отсутствии трансурановых элементов слишком буквально и вскоре сам оказался виновником настоящего «сольного скандала». Около 1940 года ученые предположили, что элементы, расположенные в периодической системе чуть дальше и чуть ближе урана, являются переходными металлами. В соответствии с их расчетами девяностый элемент относился к четвертому столбцу, а первый из элементов, не встречающихся в природе, – девяносто третий – оказывался в седьмом столбце, прямо под технецием. Но в сегодняшней таблице видно, что элементы, окружающие уран, отнюдь

---

[70] Вообще, научная судьба Иды Ноддак выдалась очень противоречивой. Ида участвовала в открытии семьдесят пятого элемента, но, когда ее группа попыталась выделить сорок третий элемент, эта работа оказалась полна ошибок. Она первой предсказала возможность ядерного распада, опередив коллег на годы, но примерно в то же время принялась доказывать, что периодическая система превратилась в бесполезный реликт, так как многочисленные новые изотопы совершенно в нее не укладывались. Непонятно, почему Ноддак думала, что каждый изотоп является самостоятельным элементом, но она действительно так считала и активно призывала отказаться от периодической системы.

[71] Эта цитата Сегре о Ноддак взята из книги «Энрико Ферми – физик». В русском переводе книга вышла в издательстве «Мир» в 1973 году.

не являются переходными металлами. Они располагаются в самом низу таблицы прямо под редкоземельными элементами и в химических реакциях ведут себя именно как редкоземельные металлы, а не как технеций. Причина научной слепоты химиков вполне понятна. Несмотря на пиетет перед таблицей Менделеева, они не воспринимали периодический закон достаточно серьезно. Ученые полагали, что редкоземельные металлы представляют собой странное исключение и их причудливая химия нигде больше не проявляется. Но это не так: уран и другие элементы, расположенные рядом с ним, заполняют электронами f-оболочки, точно как редкоземельные металлы. Следовательно, эти элементы должны ответвляться от основной периодической системы на период ниже, чем редкоземельные металлы, и проявлять в химических реакциях примерно такие же свойства, как лантаноиды. Все просто, по крайней мере в ретроспективе. Через год после сенсационного открытия деления ядер один коллега Сегре, работавший с ним на одном этаже, вновь решил попробовать открыть девяносто третий элемент. Для этого он облучил немного урана в циклотроне. Считая (по описанным выше причинам), что этот элемент должен быть подобен технецию, он попросил Сегре о помощи. Действительно, ведь именно Сегре открыл технеций и разбирался в его химии лучше, чем кто-либо другой. Сегре был заядлым охотником за элементами и взялся за исследование образцов. Беря пример со своего наставника Ферми, умевшего мыслить очень быстро, Сегре заключил, что в результате деления получаются вещества, напоминающие редкоземельные элементы, но совсем не похожие на тяжелый аналог технеция. «Банальное деление ядер продолжается», – заявил Сегре и набросал статью с разочаровывающим названием «Безуспешный поиск трансурановых элементов».

Но тогда как Сегре решил просто работать дальше, тот самый коллега, Эдвин Макмиллан, заинтересовался его находкой. Все элементы при радиоактивном анализе ведут себя каким-то характерным образом, но «редкоземельные металлы» Сегре вели себя совершенно иначе, нежели другие редкоземельные элементы. Это был нонсенс. Поломав голову над этой проблемой, Макмиллан предположил, что, возможно, найденные элементы вели себя как редкоземельные металлы именно потому, что являются тяжелыми аналогами таких металлов и также располагаются в «ответвлении» от основной периодической системы. Поэтому Макмиллан с коллегой повторили облучение и химические анализы, уже без Сегре. Они практически сразу смогли открыть первый «запрещенный» в природе элемент – нептуний. Ирония судьбы слишком бросается в глаза, чтобы ее не заметить. Ведь, работая с Ферми, Сегре не догадался, что в результате деления ядер получаются трансурановые элементы. «Очевидно, не сделав никаких выводов из той ошибки, – вспоминал Гленн

Сиборг, – Сегре вновь не счел нужным внимательно провести химический анализ». Совершив практически противоположную ошибку, Сегре оказался слишком небрежен и не смог распознать в трансурановом нептунии продукт деления ядер.

Несомненно, как ученый Сегре был в ярости от собственной недальновидности. Но как историк науки он мог оценить последствия этого открытия. В 1951 году Макмиллан получил за свою работу Нобелевскую премию по химии. Но за открытие трансурановых элементов Шведская академия наградила Ферми; чтобы не признавать ошибку, Нобелевский комитет решил наградить Макмиллана лишь за «открытия в области *химии* трансурановых элементов» (курсив автора). Впрочем, поскольку Макмиллан открыл нептуний благодаря аккуратному и безошибочному химическому подходу, эту формулировку можно не считать неуважительной.

* * *

Конечно, Сегре оказался слишком самоуверенным, но его ошибки не идут ни в какое сравнение с промахами другого гения, который также работал в Калифорнии, но несколько южнее. Этим гением был Лайнус Полинг.

Получив в 1925 году степень доктора философии, Полинг согласился на полуторагодичную стажировку в Германии, которая была в те годы научным центром мира. Сегодня языком международного общения среди ученых является английский, но в начале прошлого века такую роль играл немецкий язык. Но благодаря тем знаниям по квантовой механике, которые Полинг смог приобрести в Европе, еще не достигнув тридцати лет, американская химия вскоре коренным образом превзошла немецкую. Сам же Полинг через много лет оказался на обложке журнала *Time.*

Достижение Полинга заключается в том, что ему удалось описать, как именно квантовая механика управляет химическими связями между атомами. Он проанализировал силу, длину, угол каждой химической связи. Полинга можно сравнить с Леонардо да Винчи, который впервые стал рисовать людей, верно подмечая мельчайшие анатомические детали. Поскольку химия, в сущности – это дисциплина, изучающая, как создаются и разрываются межатомные связи, Полинг практически в одиночку модернизировал целую область науки. Он абсолютно по праву заслужил один из величайших научных комплиментов, полученный от одного из коллег: «Полинг доказал, что химию можно *понимать,* а не только вызубривать» (курсив автора).

После этого триумфа Полинг продолжал заниматься основами химии. Вскоре он определил, почему все снежинки шестиугольные: дело в том, что шестиугольную структуру имеют сами кристаллы льда. В то же время Полингу явно не терпелось вырваться за пределы простейшей физической химии. Например, в ходе одного из своих исследований он определил, почему серповидно-клеточная анемия смертельна для человека. Дело в том, что молекулы гемоглобина в эритроцитах больного имеют неправильную форму и не могут связываться с кислородом. Это исследование гемоглобина замечательно тем, что оно впервые позволило выявить в качестве причины заболевания аномальную молекулу[72]. Работа Полинга полностью перевернула представление врачей о медицине. Позже, в 1948 году, Полинг сильно заболел гриппом и, проводя целые дни в постели, пришел к мысли, которая помогла совершить революцию в молекулярной биологии. Он решил показать, как молекулы белков могут образовывать длинные цилиндры, которые называются альфа-спиралями. Функционирование белка в значительной степени определяется формой его молекул, и Полинг был первым, кто смог определить, как отдельные фрагменты белка «узнают», какая форма молекулы является «правильной».

Во всех этих случаях Полинга по-настоящему интересовало (кроме очевидной пользы для медицины) лишь то, как почти по волшебству у вещества возникают новые свойства, когда маленькие «глупые» атомы самостоятельно укладываются в большие структуры. Самая захватывающая сторона проблемы заключалась в том, что в молекулярной химии

---

[72] Полинг (вместе с коллегами Харви Итано, С. Джонатаном Сингером и Айбертом Уэллсом) определил, что аномальный гемоглобин вызывает серповидноклеточную анемию. Для этого ученые пропустили здоровые и пораженные клетки через гель в электрическом поле. Клетки с нормальным гемоглобином отклонились в электрическом поле в одну сторону, а клетки с серповидным гемоглобином – в противоположную. Это означало, что разнотипные молекулы обладают противоположными электрическими зарядами. Такая разница могла возникнуть лишь на молекулярном уровне, между отдельными атомами.Интересно отметить, что позже Френсис Крик упоминал, как сильно на него повлияла статья Полинга, в которой излагалась теория о молекулярной природе серповидноклеточной анемии. Это была та самая чистейшая молекулярная биология, которой так интересовался Крик.

часть порой нисколько не напоминает целое. Например, вы никогда не догадались бы (если бы не увидели этого сами), что атомы углерода, кислорода и азота могут объединяться в аминокислоты. Аналогично, сложно себе представить, как аминокислоты сочленяются, образуя белки, а белки, в свою очередь, управляют жизнедеятельностью всех живых организмов. Эта работа, связанная с изучением атомных систем, была даже сложнее, чем синтез новых элементов. Но такой прыжок в невероятную сложность также повышал вероятность неверных интерпретаций и ошибок. В долгосрочной перспективе легкий успех Полинга с открытием альфа-спиралей оказался еще одной иронией судьбы: ведь если бы Полинг не запутался с другой спиральной молекулой, ДНК, то, несомненно, навечно остался бы в пятерке величайших ученых всех времен и народов.

Как и многие другие, Полинг практически не интересовался ДНК до 1952 года, хотя швейцарский биолог Фридрих Мишер обнаружил ДНК еще в 1869 году. Мишер совершил это открытие, поливая спиртом и желудочным соком свиней пропитанные гноем повязки (которые брал в расположенных неподалеку больницах). Ученый проделывал эти манипуляции до тех пор, пока на повязках не оставалась только клейкая тягучая сероватая субстанция. Исследовав это вещество, Мишер немедленно и самодовольно заявил, что дезоксирибонуклеиновая кислота окажется важнейшим биологическим веществом. К сожалению, химический анализ показал высокое содержание фосфора в этих образцах. В те времена единственным достойным изучения биохимическим соединением считались белки, а поскольку фосфор в белках отсутствует, ДНК сочли остатком, молекулярным довеском[73].

Это предубеждение удалось развенчать только в 1952 году, после того как был выполнен революционный эксперимент над вирусами. Вирусы нападают на клетки, прикрепляются к ним и впрыскивают в них свои гены. Но в начале 50-х никто еще не знал, где именно содержится эта генетическая информация – в белках или в ДНК. Поэтому два генетика использовали радиоактивные индикаторы, чтобы пометить и фосфор, содержащийся в ДНК вирусов, и серу, которая в большом количестве содержится в их белках. После того как исследователи проанализировали несколько зараженных клеток, они обнаружили, что радиоактивный фосфор был внедрен в клетки и передан при делении, а с серой этого не произошло. Белки не могли быть носителями генетической информации – таким носителем оказалась ДНК[74].

Но что же такое ДНК? Ученые на тот момент могли об этом только догадываться. Эта молекула состояла из длинных нитей, каждая из которых имела каркас, состоящий из фосфора и сахаров. В ней также находились нуклеиновые кислоты, которые выступали на этом каркасе, как позвонки на хребте. Но оставалось совершенно непонятно, какую форму эти нити принимают в живой клетке и как они связываются вместе. Как Полинг уже показал на примере гемоглобина и альфа-спиралей, функционирование молекулы в значительной мере

[73] Интересно, что в настоящее время биологи медленно возвращаются к исходному представлению о белках, общепринятому во времена Мишера. Оно сводится к тому, что именно белки – начало и конец всей генетической биологии. Ученые занимаются исследованиями генов в течение десятилетий, но до сих пор достигли сравнительно немногого. Но сегодня уже понятно, что одни лишь гены не могут объяснить удивительной сложности живых организмов, на самом деле, важных факторов гораздо больше. Исследование генома было важной и фундаментальной работой, но настоящий практический и коммерческий интерес представляет протеомика.

[74] Если быть точным, эксперименты с вирусами (их серой и фосфором), проводившиеся в 1952 году Альфредом Херши и Мартой Чейз, были не первым исследованием, подтвердившим, что ДНК несет в себе генетическую информацию. Впервые это удалось доказать на основе опытов с бактериями, выполненных Освальдом Эвери. Он опубликовал свои результаты в 1944 году. Хотя Эвери совершенно верно описал роль ДНК, в полученные им выводы поначалу мало кто поверил. Постепенное признание его правоты началось как раз к 1952 году, но только после экспериментов Херши – Чейз ДНК стала привлекать внимание таких крупных ученых, как Лайнус Полинг.Именно Эвери, а также Розалинд Франклин, невольно подсказавшей Уотсону и Крику, что ДНК представляет собой двойную спираль, первыми вспоминаются в числе тех людей, которые остались без заслуженных Нобелевских премий. Однако Эвери умер в 1955 году, а Франклин – в 1958-м, тогда как Нобелевская премия за открытие структуры ДНК была присуждена лишь в 1962 году. Если бы кто-то из них был жив к тому времени, то, скорее всего, также получил бы премию.

зависит от ее формы. Вскоре форма ДНК стала важнейшим вопросом молекулярной биологии.

И Полинг, как и многие другие, счел, что лишь он сможет ответить на этот вопрос. Это было не высокомерие, по крайней мере, не только высокомерие: просто Полинга раньше никому не удавалось опередить. Итак, в 1952 году Полинг вооружился карандашом, логарифмической линейкой и фрагментарными данными, полученными из вторых рук, засел в своем калифорнийском кабинете и решил разгадать тайну ДНК. Сначала он ошибочно решил, что громоздкие нуклеиновые кислоты теснятся по внешнему краю каждого сахаро-фосфатного остова. Иначе он просто не мог себе представить, как такая молекула образует целостную структуру. Соответственно, он повернул сахаро-фосфатный остов в центр молекулы. На основании своих некачественных данных Полинг также решил, что ДНК представляет собой тройную спираль. Дело было в том, что Полинг оперировал информацией, полученной при исследовании высушенного препарата ДНК, которая закручивается иначе, чем влажная «живая» ДНК. Странная тройная спираль вынуждала бы молекулу скручиваться сильнее, чем на самом деле. Но на бумаге модель Полинга казалась вполне правдоподобной.

Сначала картинка складывалась отлично, но Полинг попросил одного аспиранта проверить его расчеты. Аспирант взялся за дело и вскоре принялся ломать голову, силясь понять, в чем же он ошибается, а Полинг – нет. В конце концов, пришлось сказать Полингу, что фосфатные компоненты, как ни крути, не вписываются в его модель по самой примитивной причине. На уроках химии нам всегда рассказывают о нейтральных атомах, но химики воспринимают элементы несколько иначе. В природе, особенно в биохимической среде, многие элементы существуют только в виде ионов, то есть заряженных атомов.

Действительно, если принять модель, предложенную Полингом, то получалось, что все атомы фосфора в ДНК всегда будут иметь отрицательный заряд и, соответственно, отталкиваться друг от друга. Невозможно было уложить в сердцевину ДНК три фосфатные нити, не разорвав всю молекулу на части.

Аспирант объяснил эту проблему, а Полинг (как и должен был поступить Полинг) вежливо проигнорировал эти возражения. Не совсем понятно, зачем Полинг вообще решил привлекать ученика для проверки, если не собирался его выслушать. Но причина, по которой ученый отмахнулся от аспиранта, вполне ясна. Разумеется, Полинг стремился к научному приоритету, хотел, чтобы все остальные идеи о ДНК считались развитием его идеи. Поэтому, изменив своей обычной дотошности, Полинг предположил, что структурные детали молекулы прояснятся сами собой, и уже в начале 1953 года поспешно опубликовал свои выводы о тройной спирали, построенной вокруг фосфатной сердцевины.

Тем временем по другую сторону Атлантики два застенчивых аспиранта из Кембриджского университета корпели над пробными экземплярами статьи Полинга. Сын Лайнуса Полинга, Питер, работал в той же лаборатории, что и Джеймс Уотсон и Френсис Крик[75]. Великодушно он предоставил копию отцовской статьи коллегам. Никому не известные исследователи давно бились над тайной ДНК, пытаясь сделать себе на этом имя. И то, что они прочитали в статье Полинга, невероятно их расстроило: они сами выстроили такую же модель годом ранее, но смущенно отказались от нее, когда одна коллега доказала им, что модель «тройной спирали» явно ошибочна.

Но эта дама, раскритиковавшая аспирантов (звали ее Розалинд Франклин), невзначай раскрыла им секрет. Франклин специализировалась на методе рентгеновской кристаллографии, который позволяет определять форму молекул. Ранее в том же году Франклин исследо-

[75] Основные документы, касающиеся Полинга и его конкуренции с Уотсоном и Криком, можно найти на великолепном сайте Орегонского государственного университета, где собраны и выложены материалы сотен статей и писем Полинга, а также составлена документальная история, которая называется «Лайнус Полинг и гонка за ДНК».См. http://osulibrary.oregonstate.edu/specialcollections/coll/pauling/ dna/index.html.

вала сырую ДНК из спермы кальмара и пришла к выводу, что ДНК – двунитевая молекула. Полинг в период обучения в Германии также занимался рентгеновской кристаллографией. Если бы он познакомился с данными, полученными Франклин, он, вероятно, сразу бы нашел верное решение. Ведь форму высушенной ДНК он также установил при помощи рентгеновской кристаллографии. Но Полинг был убежденным либералом и не стеснялся об этом высказываться. Поэтому маккартисты добились того, чтобы загранпаспорт Полинга надолго застрял в Госдепартаменте США, и в 1952 году он просто не мог съездить в Англию на важную конференцию, где мог бы услышать о работе Франклин. Кроме того, в отличие от Франклин, Уотсон и Крик никогда не делились своими открытиями с конкурентами. Но они перенесли нанесенную Франклин обиду и сами принялись разрабатывать ее идею. Вскоре после этого на глаза друзьям попалась та самая статья Полинга, в которой он повторил их же ошибку.

Отбросив все сомнения, Уотсон и Крик срочно обратились к своему научному руководителю Уильяму Брэггу. Брэгг получил Нобелевскую премию еще несколькими десятилетиями ранее, но позднее переживал из-за того, что не совершил ряд важнейших открытий, уступив их Полингу (в частности, это касалось открытия альфа-спирали). Полинг был ярым соперником Брэгга, а один историк охарактеризовал Полинга в этом противостоянии как «резкого и тщеславного» человека. Брэгг отстранил Уотсона и Крика от работы над ДНК после их ошибки с тройной спиралью. Но они показали Брэггу статью Полинга и признались, что втайне продолжали работать над этой задачей. Брэгг понял, что у него есть шанс опередить Полинга, и поручил аспирантам продолжить исследование ДНК.

Первым делом Крик написал Полингу осторожное письмо, в котором поинтересовался, каким образом фосфорная сердцевина молекулы оставалась целостной – ведь, согласно теории самого Полинга, это было невозможно. Это письмо разозлило Полинга, так как он счел предложенные вычисления поверхностными. Хотя сын Питер и предупреждал, что двое английских аспирантов вот-вот его обойдут, Лайнус Полинг настаивал, что его модель в виде тройной спирали все равно окажется верной и осталось уточнить лишь незначительные детали. Уотсон и Крик сознавали, что Полинг упрям, но не глуп и вскоре заметит свои ошибки. Поэтому они изо всех сил искали свежие идеи. Уотсон и Крик никогда не проводили собственных серьезных экспериментов, а лишь блестяще интерпретировали идеи других людей. И в 1953 году они наконец получили последнюю недостающую подсказку от еще одного ученого.

Этот коллега рассказал им, что четыре нуклеиновые кислоты, входящие в состав ДНК (обозначаемые буквами А, Ц, Т и Г), всегда присутствуют в парных пропорциях. Это означает, что, если в образце ДНК содержится 36 процентов А, то там будет и 36 процентов Т. Всегда. Такая же взаимосвязь существует и между Ц и Г. Так Уотсон и Крик поняли, что А и Т и Ц и Г должны образовывать пары внутри ДНК. (По иронии судьбы, этот ученый пытался донести ту же мысль до Полинга за несколько лет до этого, находясь с ним вместе в морском круизе. Тогда Полинг возмутился, что неугомонный коллега портит ему отпуск, и просто отшил его). Более того (чудо из чудес!), две эти

пары нуклеиновых кислот складываются друг с другом, как кусочки пазла. Это объясняет, почему спираль ДНК так туго свернута. Такая высокая плотность упаковки противоречила идее Полинга о расположении фосфорного каркаса внутри молекулы. И вот, пока Полинг трудился над своей моделью, Уотсон и Крик просто вывернули ее наизнанку, так что отрицательные ионы фосфора больше не соприкасались. У них получилась модель, напоминающая винтовую лестницу, – знаменитая двойная спираль. Все сошлось замечательно,

и прежде, чем Полинг опомнился[76], они опубликовали статью о своей модели в номере журнала *Nature* от 25 апреля 1953 года.

Как же Полинг отреагировал на публичное развенчание тройной спирали и внутреннего фосфорного каркаса? И на то, что он уступил величайшее биологическое открытие XX века не кому-нибудь, а сотрудникам лаборатории своего заклятого врага Брэгга? Полинг воспринял все это с необычайным достоинством. Надеюсь, что каждому из нас хватит воли столь же достойно вести себя в подобной ситуации. Полинг признал свое поражение и даже пригласил Уотсона и Крика на научную конференцию, которую планировал организовать в конце 1953 года. Учитывая свой статус, Полинг мог позволить себе быть великодушным. Тот факт, что он одним из первых стал поддерживать идею о двойной спирали, вполне это доказывает.

После 1953 года дела Полинга и Сегре стали налаживаться. В 1955 году Сегре и еще один ученый из Беркли, Оуэн Чемберлен, открыли антипротон. Антипротон является противоположностью обычного протона: он имеет отрицательный заряд, может перемещаться в прошлое и, что самое страшное, при контакте аннигилирует любую «обычную» материю, из которой, например, состоим мы с вами. Существование антиматерии было предсказано еще в 1928 году, после чего достаточно скоро удалось открыть первую элементарную античастицу – антиэлектрон, который назвали позитроном. Это произошло в 1932 году. Но антипротон ускользал от физиков-ядерщиков не менее успешно, чем технеций – от химиков. Тот факт, что Сегре удалось открыть технеций после долгих лет, полных «ложноположительных результатов» и сомнительных заявлений, свидетельствует о его исключительной настойчивости. Именно поэтому через четыре года Сегре были прощены все его промахи, и он получил Нобелевскую премию по физике[77]. Кстати, для участия в церемонии Сегре одолжил у Эдвина Макмиллана его белый жилет.

Проиграв битву за ДНК, Полинг получил утешительный приз: в 1964 году он был удостоен Нобелевской премии, которую давно заслужил. Далее, по своему обыкновению, Полинг принялся за исследования в совершенно других областях. Его раздражали собственные хронические простуды, поэтому он принялся экспериментировать на себе, принимая лошадиные дозы витаминов. По какой-то причине эти огромные дозы ему помогли, о чем он с воодушевлением всем рассказал. В итоге именно его благословение (ведь проблемой заинтересовался не кто-нибудь, а нобелевский лауреат!) дало толчок тому помешательству на

---

[76] Рассказывают, что после скандала вокруг ДНК Ава Полинг, жена Лайнуса, отругала его. Полинг, будучи практически уверен, что разгадает секрет ДНК, сначала не слишком усердствовал с расчетами, и Ава недоумевала: «Если эта ДНК была такой важной проблемой, чего ж ты ею не занимался?» Так или иначе, Лайнус искренне любил жену. Возможно, одна из причин, по которой он остался работать в Калифорнийском технологическом институте и так и не перебрался в Беркли, несмотря на то что уровень развития науки в Беркли в те годы был значительно выше, связана именно с Авой. Дело в том, что один из самых знаменитых профессоров Беркли, Роберт Оппенгеймер, позже ставший руководителем Манхэттенского проекта, в свое время пытался соблазнить Аву, и это приводило Лайнуса в ярость.

[77] В качестве последней ложки дегтя необходимо отметить, что даже Нобелевская премия Сегре позже была омрачена обвинениями (возможно, необоснованными) в том, что он украл чужие идеи, планируя эксперименты, связанные с антипротоном. Сегре и его коллега Оуэн Чемберлен не отрицали, что не одни разрабатывали методы фокусировки и создания пучков частиц при помощи магнитов – в этом им помогал неуступчивый физик Орест Пиччиони. Но они добавляли, что идеи Пиччиони не оказали на их работу значительного влияния, и даже не указали его в качестве соавтора своей научной статьи. Позже Пиччиони участвовал в открытии антинейтрона. После того как в 1959 году Сегре и Чемберлен получили Нобелевскую премию, Пиччиони на долгие годы обиделся из-за того, что его доля премии ему не досталась. Наконец, в 1972 году Пиччиони подал против Сегре и Чемберлена иск на 125 тысяч долларов. Правда, судья отверг этот иск, но не из-за научной несостоятельности претензий, а из-за того что они были предъявлены более чем через десять лет после искового случая.Из некролога Пиччоини, вышедшего в газете *New York Times* 27 апреля 2002 года: «Он мог вышибить дверь вашего кабинета и заявить, что у него появилась лучшая идея в истории», – говорит доктор Уильям А. Венцель, почетный старший научный сотрудник Национальной лаборатории Беркли им. Лоуренса, также принимавший участие в экспериментах, связанных с антинейтронами. «Я знал Ореста, у него были десятки идей, он мог выдать с десяток за минуту. Некоторые из них были хороши, другие – нет. Тем не менее я всегда считал его хорошим физиком, который очень много сделал для наших исследований».

здоровом питании, которое не утихает и сегодня. Чего только стоит сомнительное с научной точки зрения (извините!) утверждение, что витамин С лечит простуду! Кроме того, Полинг, в свое время отказавшийся работать в Манхэттенском проекте, стал крупнейшим в мире активистом, ратовавшим за запрет ядерного оружия. Он шел в первых рядах демонстрантов и одну за другой выпускал книги с названиями вроде *«Не бывать войне!»*. Он даже получил в 1962 году вторую Нобелевскую премию, Нобелевскую премию мира, став единственным человеком в истории, кто лично, а не вместе с коллегами, является обладателем двух таких премий. Правда, в том же году вместе с ним на Нобелевской церемонии присутствовали еще два лауреата, удостоенные премии по физиологии и медицине. Это были Джеймс Уотсон и Френсис Крик.

9. Коридор ядов: «Ой-ой, больно!»

Полинг на собственном горьком опыте смог уяснить, что законы биологии гораздо более тонкие, чем законы химии. Вы можете по-разному химически воздействовать на аминокислоты и получить в итоге такой же набор измененных, но целых молекул. Если подвергнуть такому же воздействию более сложные и хрупкие белки живого существа, то белки разрушатся. Такое разрушительное воздействие на белок могут оказывать нагревание, кислоты или, хуже всего, вредные элементы. Самые опасные из них бьют практически по всем уязвимым точкам живых клеток, часто маскируясь под жизненно необходимые минеральные и питательные вещества. А истории о том, как коварно подобные элементы способны убивать, являются одними из самых мрачных сюжетных линий, связанных с периодической системой. Итак, добро пожаловать в «коридор ядов».

Самый легкий из наиболее токсичных элементов – кадмий, чья дурная слава восходит к истории древних копей, расположенных в центральной Японии. Рудокопы начали добывать драгоценные металлы на приисках в Камиоке в 710 году. В течение следующих веков оттуда извлекали золото, свинец, серебро и медь, пока страной владели сначала многочисленные сёгуны, а потом – промышленные магнаты. Но только через двенадцать веков после того, как в Камиоке начали разрабатывать первую жилу, шахтеры приступили к добыче кадмия. Вскоре копи превратились в одно из самых опасных мест в Японии, которое стало ассоциироваться с криком «итай-итай!» – это междометие в японском языке выражает сильную боль.

В 1904–1905 годах разразилась Русско-японская война, а еще через десять лет Япония вступила в Первую мировую войну. Страна остро нуждалась в металлах, в особенности в цинке – для изготовления брони, самолетов и амуниции. Кадмий расположен в периодической системе прямо под цинком, и два этих металла смешиваются в земной коре так, что их практически невозможно отличить друг от друга. Для очистки цинка, добытого в Камиоке, рудокопы поджаривали его, как кофе, и вываривали в кислоте, удаляя кадмий. По привычкам того времени, они сливали образовавшуюся кадмиевую взвесь прямо в реки или на землю. Оттуда кадмий проникал в грунтовые воды.

Сегодня никто не стал бы избавляться от кадмия таким примитивным способом. Кадмий очень ценен, так как используется для антикоррозионной защиты батарей и деталей компьютеров. Кроме того, кадмий издавна применяют в красителях, дубильных добавках и припоях. В XX веке блестящей кадмиевой оболочкой украшали модные столовые сервизы. Но основная причина запрета на выброс кадмия в окружающую среду заключается в том, что этот металл чрезвычайно токсичен. Производители элитных высоких кружек были вынуждены отказаться от использования кадмия, так как ежегодно сотни людей тяжело заболевали, оттого что пили из этой посуды кислые фруктовые соки или лимонад, которые вымывали кадмий из стенок посуды. У многих спасателей, работавших на месте рухнувших небоскребов Всемирного торгового центра для ликвидации последствий теракта 11 сентября 2001 года, возникли респираторные заболевания. Некоторые врачи сразу заподозрили отравление кадмием, поскольку при обрушении башен-близнецов в одно мгновение расплавились и испарились тысячи электронных устройств. Это предположение оказалось неверным, но оно показывает, как глубоко в подсознании врачей укоренились представления о пагубности сорок восьмого элемента.

Этот неверный диагноз является отголоском событий, произошедших почти на сто лет раньше в окрестностях месторождений в Камиоке. Еще в 1912 году японские врачи заметили, что местные рисоводы начали страдать от ужасных неизвестных болезней. Крестьяне приходили к врачу, согнувшись в три погибели, жалуясь на сильнейшие боли в костях и суставах. Среди пострадавших было особенно много женщин – не менее сорока девяти слу-

чаев из пятидесяти. У несчастных часто отказывали почки, а кости размягчались и крошились из-за обычных повседневных нагрузок. Один врач даже сломал девушке запястье, прощупывая ей пульс. Наиболее сильные вспышки таинственной болезни пришлись на 1930-1940-е годы – годы подъема японского милитаризма. Потребность в цинке сохранялась, пустая порода и промышленные отходы распространялись по окрестностям. Хотя никаких боев в префектуре Камиока не велось, этот район сильнее многих пострадал в годы Второй мировой войны. Болезнь проникала из деревни в деревню, вскоре этот недуг стали называть «итай-итай»: несчастные жертвы не могли сдержать криков боли.

Только после войны, в 1946 году, местный врач Нобору Хагино всерьез занялся изучением итай-итай. Сначала он предположил, что причина заболевания заключается в плохом питании. Эта гипотеза оказалась несостоятельной, поэтому Хагино обратил внимание на шахты, где высокотехнологичные западные приемы добычи руды сочетались с применением примитивной кирки и лопаты. Хагино, воспользовавшись помощью профессора медицины, составил эпидемиологическую карту, на которой отметил все очаги заболевания итай-итай. Кроме того, он подготовил гидрологическую карту, где показал скопления наносов от реки Дзиндзу.

Эта река протекала через шахтерские районы и одновременно орошала крестьянские поля, находившиеся на расстоянии многих километров от разработок. При наложении две карты практически совпали. Исследовав образцы риса с зараженных территорий, Хагино обнаружил, что рис впитывает кадмий, как губка.

В результате напряженной работы вскоре удалось узнать, какое патологическое воздействие оказывает кадмий. Цинк – важнейший микроэлемент нашего организма. Кадмий, который легко смешивается с цинком в рудах, легко попадает вместе с ним и в наше тело, заменяя его в живых тканях. Иногда кадмий также вытесняет из организма серу и кальций – именно поэтому он повреждает кости.

К сожалению, кадмий непригоден для обмена веществ и не может участвовать в биологических процессах, в отличие от многих других элементов. Хуже того, если кадмий попадает в организм, его очень сложно оттуда вывести. Плохое питание, на которое сразу обратил внимание Хагино, также способствовало развитию болезни. Рис играл важнейшую роль в рационе местных жителей, а в этом злаке отсутствуют многие важные питательные вещества. Поэтому крестьяне страдали от острого недостатка некоторых минеральных веществ. Кадмий вполне успешно «выдавал себя» за эти вещества, так что изголодавшиеся клетки организма включали атомы кадмия в свои структуры, причем даже более активно, чем при здоровом питании.

Хагино опубликовал результаты своих исследований в 1961 году. Неудивительно, что горно-металлургическая компания «Мицуи» отрицала какие-либо нарушения со своей стороны (на самом деле, эта корпорация просто купила предприятие, которое в действительности нанесло весь ущерб). Также «Мицуи» устроила постыдную травлю Хагино, стремясь его дискредитировать. Когда был сформирован местный медицинский комитет, призванный расследовать все детали, связанные с итай-итай, «Мицуи» сделала все возможное, чтобы Хагино не вошел в его состав, хотя он был крупнейшим в мире специалистом по новой болезни. Хагино, в свою очередь, продолжил исследование новых случаев итай-итай, зафиксированных уже в Нагасаки, – и эта работа только подкрепила его более ранние заявления. В конце концов пристыженные члены медицинского комитета, которых открыто настраивали против Хагино, были вынуждены признать, что причиной болезни может быть кадмий. На основании этого вымученного заключения была подана жалоба в национальный комитет Японии по здравоохранению. Доказательства Хагино были признаны абсолютно убедительными, и комитет постановил, что кадмий является основной причиной итай-итай. К 1972 году горно-металлургическая компания начала возмещать ущерб 178 оставшимся в живых

пострадавшим, общий размер выплат составил более 2,3 миллиарда иен ежегодно. Через тринадцать лет ужас от последствий отравления сорок восьмым элементом по-прежнему обуревал японцев. Дошло до того, что когда морского монстра Годзиллу пришлось убить в заключительной серии фильма (она называется «Возвращение Годзиллы»), это, по замыслу режиссеров, было сделано при помощи ракет, начиненных кадмием. Учитывая, что к рождению Годзиллы привело радиоактивное загрязнение в результате испытания водородных бомб, можно представить себе, какие мрачные представления связаны у японцев с кадмием.

При этом вспышки итай-итай были не единственным подобным бедствием, случившимся в Японии на протяжении прошлого века. Японским крестьянам в XX веке неоднократно пришлось пострадать от массовых промышленных отравлений (в двух случаях это было отравление ртутью, один раз – отравление диоксидами серы и азота). Кроме того, еще тысячи японцев пострадали от радиационного отравления, после того как в 1945 году США сбросили на остров две атомные бомбы – урановую и плутониевую. Но и атомные бомбардировки, и отравления ртутью и газами произошли уже после длительного и тщательно замалчиваемого кошмара в Камиоке. Не молчали только местные жители, содрогавшиеся от криков боли: «Итай-итай!»

Однако кадмий – далеко не самый сильный яд в таблице Менделеева. В периодической системе этот металл находится над ртутью, которая поражает нервную систему. Справа от ртути расположились самые одиозные убийцы из числа химических элементов – таллий, свинец и полоний. Это настоящий коридор ядов.

В том, что эти металлы образовали компактную группу, есть доля случайности, но высокая концентрация ядовитых веществ в правом нижнем углу таблицы имеет вполне логичные химические и физические причины. Одна из них, наиболее парадоксальная, заключается в том, что все эти тяжелые металлы не являются взрывоопасными. Если бы в ваш организм попал чистый калий или натрий, они бы мгновенно прореагировали с водой, содержащейся в ваших клетках, и взорвались. Но калий и натрий настолько химически активны, что никогда не встречаются в природе в чистом, самом опасном виде. Элементы из коридора ядов гораздо более устойчивы с химической точки зрения и могут глубоко проникать в организм, прежде чем их удастся вывести. Более того, эти элементы, как и многие другие тяжелые металлы, могут отдавать разное количество электронов в зависимости от того, в каких обстоятельствах протекает реакция. Например, ион калия всегда имеет заряд +1 (K^+), а вот таллий может иметь заряд от +1 до +3 (от Tl^+ до Tl^{3+}). В результате таллий может «выдавать себя» за самые разные элементы и участвовать в различных биохимических процессах.

Вот почему таллий, № 81, считается самым смертоносным элементом в периодической системе. В животных клетках есть специальные ионные каналы, по которым в них поступает калий. Таллий проникает в клетку по этим же каналам, часто через кожу. Оказавшись внутри организма, таллий перестает притворяться калием и начинает разрывать важнейшие связи между аминокислотами внутри белков. Белковые структуры распадаются и перестают выполнять свои функции. В отличие от кадмия, таллий не оседает в костях и почках, а носится по организму, как молекулярная татаро-монгольская орда. Каждый атом может причинить невообразимый ущерб. Поэтому таллий считается ядом из ядов, излюбленным элементом злодеев, получающих эстетическое удовольствие от отравления пищи и напитков. В 1960-е годы в Британии жил печально знаменитый Грэм Фредерик Янг. Он начитался признаний серийных убийц, которые подавались в газетах как сенсационные материалы, и принялся экспериментировать на собственной семье, подмешивая таллий в еду и питье. Вскоре молодой человек попал в психиатрическую больницу, но позже по необъяснимым причинам был выписан оттуда. В результате он успел отравить еще семьдесят человек, в том

числе нескольких своих начальников. Из всех пострадавших умерли лишь трое, так как Янг специально подбирал малые, несмертельные дозы яда, чтобы продлить муки своих жертв.

Пострадавшие от руки Янга – далеко не единственные жертвы ядов в истории. С таллием связана мрачная хроника убийств[78] – этим элементом травили шпионов, сирот и двоюродных бабушек, владевших крупными поместьями. Но вместо того, чтобы перечислять эти темные истории, давайте вспомним единственный трагикомический (честно говоря, отвратительный) случай, связанный с восемьдесят первым элементом. В те годы, когда ЦРУ было буквально одержимо «кубинской угрозой», агенты сочинили коварный план: подсыпать таллий Фиделю Кастро в ботинки, замаскировав яд под тальковую пудру. Злоумышленники хотели к тому же унизить Кастро в глазах соратников, так как из-за отравления у него должны были выпасть все волосы и даже его знаменитая борода. Неизвестно, почему спецслужбы так и не попытались воплотить этот план в жизнь.

Еще одна причина, по которой таллий, кадмий и подобные им элементы оказываются опаснейшими ядами, заключается в том, что они существуют практически вечно. Дело не только в том, что они могут накапливаться в организме (как кадмий). Просто эти элементы, вероятно, как и кислород, имеют очень стабильные, практически шарообразные ядра, не подверженные радиоактивному распаду. Именно поэтому содержание каждого из упомянутых элементов в земной коре достаточно велико. Например, самый тяжелый элемент, имеющий полностью стабильные изотопы, – свинец – находится в восемьдесят второй клетке, это одно из «магических чисел» таблицы Менделеева. В следующей, восемьдесят третьей клетке находится еще более тяжелый и почти столь же стабильный элемент – висмут.

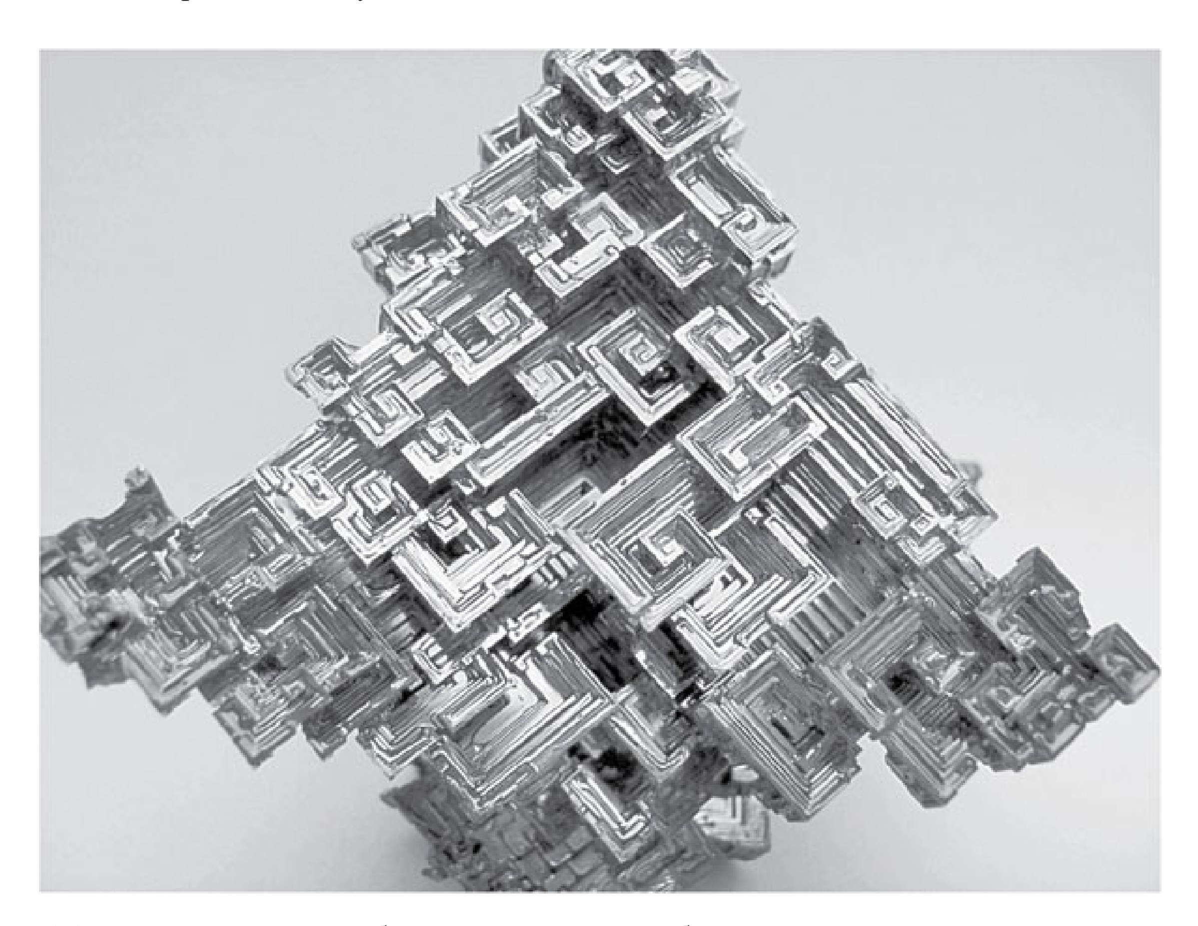
Поскольку висмут играет особую роль в «коридоре ядов», стоит подробнее остановиться на этом странном элементе. Вот лишь несколько фактов о нем. Хотя висмут – беловатый металл с легким розовым оттенком, он горит синим пламенем и испускает желтый дым. Подобно кадмию и свинцу, висмут издавна широко использовался в изготовлении красителей. Часто он заменяет «красный свинец» в одной из разновидностей трескучих фейерверков, известных как «драконьи яйца». Кроме того, из множества соединений элементов таблицы Менделеева, висмут – одно из немногих веществ, расширяющихся при замерзании. Мы не задумываемся о том, насколько это странное свойство, так как оно присуще самому обыкновенному льду. Благодаря этому лед всегда оказывается на поверхности воды, и рыбы под ним плавают. Теоретически на озере из висмута должно было бы происходить то же самое. Тем не менее в таблице элементов это свойство практически уникальное, так как твердые тела почти всегда более компактны, чем жидкости. Более того, висмутовый лед, пожалуй, выглядел бы просто роскошно. Висмут давно стал излюбленным настольным орнаментом и декоративной безделушкой у минералогов и коллекционеров химических элементов, поскольку он образует особые породы, именуемые «воронкообразными кристаллами». Такие кристаллы по форме напоминают изящные радужные лестницы. Свежезамороженный висмут больше всего напоминает ожившие раскрашенные рисунки Маурица Корнелиуса Эшера[79].

Висмут также позволил ученым еще глубже заглянуть в структуру радиоактивной материи. В течение десятилетий ученые не могли разобраться с взаимно противоречащими

[78] Люди гибнут от отравления таллием и в наши дни. В 1994 году российские солдаты, работавшие на складе старых боеприпасов, оставшихся со времен холодной войны, нашли канистру с белым порошком, в котором содержался этот элемент. Не зная, с чем имеют дело, военные тем не менее использовали его в качестве талька и даже смешивали с табаком. Рассказывают, что некоторые солдаты даже нюхали его. Все они заболели странным, совершенно необъяснимым недугом, некоторые из пострадавших умерли. Еще более печальный случай произошел в Ираке в начале 2008 года: двое детей летчиков-истребителей умерли, попробовав праздничный пирог, в который был подмешан таллий. Мотивы этого преступления остались невыясненными, хотя утверждалось, что диктатор Саддам Хусейн прибегал к использованию таллия.

[79] Знаменитый голландский художник-авангардист (1898–1972), известный своими сюрреалистическими изображениями с «невозможной геометрией». – *Прим. пер.*

расчетами, призванными определить, будут ли те или иные элементы существовать вечно. Так, в 2003 году французские физики взяли образцы чистого висмута, заключили его в сложные оболочки, чтобы исключить любое внешнее воздействие и подключили к системе детекторы, чтобы определить период полураспада висмута. Период полураспада – это время, за которое распадается половина всех атомов элемента. Период полураспада – основной параметр, с помощью которого характеризуют радиоактивные элементы. Допустим, у нас есть 100 граммов радиоактивного элемента X, и через 3,14159 года распадется 50 граммов из этой массы. Это означает, что период полураспада элемента X равен 3,14159 года. Еще через 3,14159 года останется 25 граммов элемента. Согласно теории ядерной физики, период полураспада висмута должен составлять около двенадцати миллиардов миллиардов лет, это значительно больше, чем возраст Вселенной. Можно даже умножить возраст Вселенной сам на себя и получить примерно такую же цифру. Таким образом, в настоящий момент мы имеем примерно пятидесятипроцентную вероятность наблюдать распад любого отдельно взятого атома висмута. Французский эксперимент можно было в определенном смысле сравнить с воплощением сюжета пьесы «В ожидании Годо»[80]. Но, как ни удивительно, опыт удался. Французские ученые собрали достаточно висмута и запаслись достаточным терпением, чтобы зафиксировать несколько актов распада. Они подтвердили, что атом висмута является не самым тяжелым из стабильных, а самым долгоживущим из тех, которые в конце концов безвозвратно исчезнут.



Живописные воронкообразные кристаллы образуются из расплавленного висмута, который остывает и образует фигуры, напоминающие миниатюрные лестницы. Перед вами кристалл шириной с ладонь взрослого человека (Кен Керайфф, «Кристалз Анлимитед»)

[80] Пьеса ирландского драматурга-абсурдиста Сэмюэла Беккета (1906–1989), рассказывающая о бесконечном ожидании двумя главными героями некого Годо. – *Прим. пер.*

Подобный эксперимент сейчас проводится в Японии. Цель его – определить, распадется ли когда-нибудь *вся* материя.

Некоторые ученые полагают, что протоны – первокирпичики, из которых состоят все элементы, – не совсем стабильны и имеют период полураспада не менее 100 миллиардов триллионов триллионов лет. Тем не менее это не смутило сотни отважных ученых, которые обустроили в глубокой шахте огромный подземный бассейн, наполненный сверхчистой дистиллированной водой. Бассейн окружили несколькими рядами сверхчувствительных датчиков, которые должны сработать, если зафиксируют распад протона. Интересно отметить, что бассейн находится в тех же шахтах в Камиоке. И, как ни маловероятен положительный исход такого опыта, он гораздо более безопасен, чем недавние промышленные разработки в этих шахтах.

Но пришло время рассказать всю правду о висмуте. Строго говоря, он радиоактивен, а учитывая его координаты в периодической системе, можно предположить, что это чрезвычайно ядовитое вещество. Висмут находится в той же группе, что сурьма и мышьяк, к тому же притаился в ряду самых токсичных металлов. Тем не менее висмут сравнительно безвреден. Он даже применяется в медицине: врачи выписывают его препараты (такие как «Пептобисмол») для борьбы с язвой желудка. Кстати, когда у человека, отравившегося кадмием, начинается диарея, в качестве противоядия обычно используется именно висмут. Вообще, висмут, пожалуй, из всех элементов наименее соответствует своему месту в таблице. Может быть, это досаждает химикам и физикам, которые стремятся свести периодическую систему к математически точным закономерностям. Висмут еще раз доказывает, что таблица Менделеева полна интереснейших историй с неожиданной развязкой, главное – знать, где искать.

После того как я рассказал обо всех исключительных странностях висмута, вы можете счесть его своеобразным «благородным металлом». Он немного напоминает благородные газы, которые пересекают таблицу по вертикали, разделяя две группы яростных – но по-разному яростных – исключительно активных элементов. Так и безобидный висмут является в «коридоре ядов» небольшой отдушиной. Перед ним идут традиционные яды, вызывающие рвоту и сильные боли. За висмутом гнездятся убийственные радиоактивные вещества, о которых пойдет речь дальше.

Сразу за висмутом следует полоний, яд из ядов нашего атомного века. Полоний немного напоминает таллий – при отравлении им у человека выпадают волосы. Симптомы отравления полонием стали известны на весь мир в ноябре 2006 года, когда Александр Литвиненко, бывший агент КГБ и ФСБ, был отравлен полонием в лондонском ресторане – яд подмешали ему в порцию суши. После полония идет астат, но об этом крайне редком элементе мы поговорим несколько ниже. Далее находится радон. Радон является благородным газом, поэтому он не имеет ни цвета, ни запаха, а также ни с чем не реагирует. Но, поскольку радон гораздо тяжелее воздуха, он быстро осаждается в легких, где испускает опаснейшие радиоактивные частицы. Это неизбежно приводит к раку легких – очередной изощренный способ убийства, который таит в себе «коридор ядов».

Действительно, все элементы из нижней части периодической системы радиоактивны. Радиоактивность внизу таблицы играет практически такую же важную роль, как правило октетов – в ее верхней части. Почти все прикладные свойства тяжелых элементов связаны именно с тем, как и с какой скоростью они распадаются. Чтобы лучше понять эту зависимость, давайте вспомним историю одного молодого американца, который, как и Грэм Фредерик Янг, испытывал болезненную тягу к опасным элементам. Но Дэвид Хан, наш следующий персонаж, совсем не был социопатом. Его жизнь сложилась трагически по той причине, что Дэвид страстно желал помогать людям. Он хотел решить проблему мирового энергетического кризиса и избавить цивилизацию от нефтяной зависимости. Он желал этого так

сильно, как может чего-то хотеть только подросток. И вот, в середине 1990-х этот шестнадцатилетний детройтский паренек выдумал свой собственный безумный тайный проект: он решил сконструировать ядерный реактор в сарае на заднем дворе у матери[81].

Дэвид начал с малого, вдохновившись энциклопедией «Золотая книга химических экспериментов». Она была написана в таком же тошнотворно-серьезном тоне, как и образовательные фильмы 1950-х, которые крутили в кинолекториях. Молодой человек так увлекся химией, что мать его девушки запретила ему говорить с гостями на совместных обедах. Дело в том, что Дэвид, любивший рассуждать с полным ртом, то и дело сообщал неаппетитные факты о том, какие химические вещества содержатся в предлагаемых гостям блюдах. Но увлечение Дэвида не ограничивалось теорией. Как и многие другие увлеченные химией подростки, Дэвид вскоре решил не ограничиваться своим химическим набором и стал ставить опыты с по-настоящему серьезными химикатами. Из-за этого сгорели стены и ковер в его комнате. Мать потребовала от Дэвида перенести лабораторию в подвал, а потом и в сарайчик на заднем дворе, который подошел для этой цели как нельзя лучше. Но, в отличие от многих многообещающих ученых, Дэвид не слишком совершенствовался в химии. Однажды перед собранием бойскаутов он красил себе кожу в оранжевый цвет, и вдруг средство для загара, которое он использовал, брызнуло и полностью испачкало ему лицо. Кроме того, он совершил поступок, на который способен лишь совершенно не разбирающийся в химии человек – попытался растолочь очищенный калий в небольшой емкости при помощи отвертки *(ну о-о-очень плохая идея!).* Еще через несколько месяцев окулист выуживал у него из глаз осколки пластика.

Но злоключения Дэвида на этом не закончились. Правда, следует отдать ему должное – он брался за все более сложные затеи, решив наконец сконструировать ядерный реактор. Для начала он применил те скудные знания ядерной физики, которые добыл с большим трудом. Знания эти он, разумеется, приобрел не в школе (Дэвид был незаинтересованным и даже ленивым учеником). Всю информацию он получил из старательно переписанных блестящих буклетов, пропагандировавших ядерную энергетику, и из переписки с какими-то чиновниками, которых ему удалось перехитрить. Они поверили, что некий «профессор Хан» хочет проконсультироваться о постановке экспериментов для своих воображаемых студентов.

В частности, Дэвид познакомился с тремя основными ядерными процессами: делением ядра, синтезом и радиоактивным распадом. Звезды горят именно потому, что в них протекает ядерный синтез с участием водорода. Это очень мощный и эффективный процесс, который, однако, практически не применятся в ядерной энергетике на Земле. Дело в том, что на нашей планете крайне сложно создать температуру и давление, необходимые для запуска ядерного синтеза. Поэтому Дэвид решил использовать распад ядер урана и радиоактивность нейтронов, которые возникают при делении урана в качестве побочного продукта. Сравнительно тяжелые элементы, например уран, неспособны удержать все протоны в своем небольшом ядре, поскольку частицы с одинаковыми зарядами отталкиваются. Поэтому в таких ядрах присутствует большое количество нейтронов, играющих роль своеобразного «буфера». Когда тяжелый атом делится на два легких атома приблизительно одинакового размера, в этих более легких атомах требуется значительно меньше «буферных нейтронов», поэтому лишние нейтроны попросту отбрасываются. Иногда эти нейтроны сразу захватываются другими атомами, расположенными поблизости. В результате такие атомы становятся нестабильными, делятся и высвобождают еще больше нейтронов. Так возникает цепная ядерная реакция. В атомной бомбе такой процесс просто пускается на самотек. Реактор

[81] В различных детройтских газетах история Дэвида Хана муссировалась годами, но самая подробная статья об этом человеке принадлежит перу Кена Силверстайна. Она называется «Радиоактивный бойскаут», вышла в журнале «Харпер» в ноябре 1998 года. Позже Силверстайн написал на основе этой статьи одноименную книгу.

– более сложное устройство, так как в нем требуется «растянуть» деление ядер на сравнительно долгий период. Основная проблема технического характера, с которой столкнулся Дэвид, заключалась в следующем: после того как атом урана делится и испускает нейтроны, образующиеся в результате более легкие атомы оказываются стабильными. Они не могут поддерживать цепную реакцию. Таким образом, обычные ядерные реакторы постепенно «угасают» из-за недостатка топлива.

Осознав это, Дэвид решил пойти гораздо дальше своих первоначальных планов, связанных с получением воображаемой благодарности «за продвижение ядерной энергетики» – а ведь сначала он действительно мечтал лишь об этом. Но Дэвид увлекся гораздо более преступной идеей. Он решил построить реактор-размножитель (бридер). Бридеры сами обеспечивают себя топливом за счет сложной комбинации используемых радиоактивных изотопов. Первичным источником энергии для бридера являются топливные таблетки из урана-233, который распадается почти сразу. Число 233 означает, что в ядре этого изотопа урана содержится 92 протона и 141 нейтрон – обратите внимание на избыток нейтронов. Но уран должен быть заключен в контейнер из немного более легкого элемента, тория-232. В результате первого этапа деления атомы тория захватывают лишние нейтроны и превращаются в торий-233. Нестабильный торий-233 подвергается бета-распаду, теряя один электрон. Поскольку электрические заряды в природе всегда стремятся к равновесию, торий, теряющий электрон, также преобразует один из нейтронов в положительный протон. Получив этот новый протон, торий-233 превращается в изотоп следующего элемента периодической системы, протактиний-233. Этот элемент, в свою очередь, также нестабилен: он теряет еще один электрон и преобразуется в тот самый изотоп, с которого все начиналось: уран-233. Так мы, почти волшебным образом, получаем свежее топливо для нашего реактора, просто комбинируя нужные элементы в правильном порядке.

Дэвид занимался этим проектом по воскресеньям, так как после развода родителей проводил у матери лишь часть времени.

В целях безопасности он раздобыл стоматологический свинцовый передник, чтобы защищать свои внутренние органы. Всякий раз, проведя несколько часов в сарае на заднем дворе, Дэвид переодевался. Мать и отчим позже признавались, что иногда замечали, как парень выбрасывает хорошую одежду, и считали это странным. Тем не менее они полагали, что парень просто умнее них и знает, что делает.

Самым простым этапом задуманной Дэвидом затеи был, пожалуй, поиск тория-232. Детали с содержанием тория исключительно тугоплавки, поэтому при нагревании они ярко сияют. Такие запчасти слишком опасны, чтобы пользоваться ими в домашних лампах накаливания, но в промышленности, особенно в горнодобывающих отраслях, ториевые светильники используются довольно часто. В качестве источника света в ториевой лампе применяется не нить накаливания, а специальная проволочная сеть, называемая калильной сеткой. Когда Дэвид заказал сотни таких запасных сеток у оптовика, у того не возникло никаких подозрений. Затем Дэвид, продемонстрировав свои успехи в химии, расплавил калийные сетки в ториевый шлак, поддерживая стабильную высокую температуру при помощи паяльной лампы. Этот материал он обработал литием, на который пришлось потратить целую тысячу долларов – литий был добыт из батареек, разрезанных кусачками. Далее Дэвид нагревал шлак с активным литием на горелке Бунзена, получив в результате очищенный торий. Вот и была готова отличная оболочка для будущей активной зоны реактора.

К сожалению (или, наоборот, к счастью), Дэвид отлично разобрался в химии радиоактивных элементов, а вот в ядерной физике соображал очень плохо. Итак, Дэвиду еще требовалось достать уран-235 для облучения тория и синтеза урана-233. Поэтому он прикрепил на приборную доску своего «Понтиака» счетчик Гейгера (это прибор, который регистрирует радиоактивное излучение, издавая характерное потрескивание) и поехал по сельским

районам штата Мичиган, как будто мог так запросто наткнуться на урановое месторождение. Но обычный уран почти полностью состоит из изотопа U-238, очень слабого источника радиоактивности. Разработка способа обогащения урановой руды и отделения урана-235 от урана-238 – химически совершенно идентичных металлов – представляет собой, в сущности, важнейшее достижение Манхэттенского проекта. В конце концов, Дэвиду удалось приобрести немного урана у сомнительного поставщика из Чехии, но это, опять же, был необогащенный уран, а не так необходимая затравка. В конце концов, отказавшись от первоначальной идеи, Хан соорудил «нейтронную пушку», чтобы уже с ее помощью облучить торий и добыть уран-233 таким окольным путем. Но «пушка» работала плохо.

Позже в газетах было растиражировано несколько сенсационных историй, в которых утверждалось, что Дэвиду удалось построить в сарае ядерный реактор. На самом деле он даже не приблизился к этой цели. Легендарный физик-ядерщик Альберт Гиорсо однажды подсчитал, что у Дэвида было в миллиард миллиардов раз меньше радиоактивного вещества, чем требовалось для воплощения его замысла. Разумеется, Дэвид собирал опасные вещества и в зависимости от полученной дозы радиации существенно укоротил себе жизнь. Но такова реальность. Существует множество способов отравиться радиоактивными веществами и очень, очень мало методов (требующих точного хронометража и сложных приборов), позволяющих укротить тяжелые элементы и сделать из них что-нибудь путное.

Когда полиции стало известно о планах Дэвида, стражи порядка решили действовать наверняка. В первый раз полицейские засекли Дэвида поздно ночью, когда он возился у машины, и предположили, что это панк, ворующий шины. Задержав парня и надавив на него, полицейские обыскали его «Понтиак» – причем Дэвид любезно предупредил их о том, что машина полна радиоактивных веществ. Кроме того, полицейские нашли в автомобиле ампулы со странным порошком и арестовали Дэвида для полномасштабного допроса. Дэвид оказался достаточно здравомыслящим, чтобы не упоминать о «раскочегаренной» установке, стоящей в сарае. Кстати, он уже успел почти полностью разобрать свою конструкцию, опасаясь, что достиг слишком серьезных успехов и может оставить на месте материнского дома большую воронку. Когда федеральные службы попытались выяснить, кто является законным представителем Дэвида – ведь до сих пор никто не пробовал незаконно осчастливить весь мир дешевой ядерной энергией, – разбирательство затянулось на месяцы. Тем временем мать Дэвида, опасавшаяся, что дом у нее конфискуют, однажды ночью проникла в лабораторию сына и выкинула на свалку все, что там нашла. Через несколько месяцев ликвидаторы в спецодежде и с оборудованием для работы с опасными веществами нагрянули в сарай через соседский задний двор и хорошенько его обыскали. Даже тогда валявшиеся на полу инструменты и жестяные банки страшно излучали, превышая естественный радиационный фон в тысячи раз.

Поскольку Дэвид не имел никаких преступных намерений (а ll сентября 2001 года еще не наступило), его не стали привлекать к ответственности. Но он представлял свое будущее иначе, нежели его родители. После отчисления из колледжа он пошел на флот, изъявляя горячее желание служить на атомной подводной лодке. Учитывая биографию Дэвида, военным «ничего не оставалось», кроме как удовлетворить его просьбу, но там парня отправили на камбуз и заставили драить палубу. К сожалению для Дэвида, ему так и не представился шанс серьезно заняться наукой в контролируемых условиях и под научным руководством. Кто знает, может быть, он смог бы добиться стоящих результатов, учитывая его энтузиазм, упорство и талант.

Финал истории «радиоактивного бойскаута» получился печальным. Демобилизовавшись, Дэвид вернулся к себе домой в пригород и стал просто слоняться без дела. Он тихо прожил несколько лет, а в 2007 году полиция обнаружила, что он возится с автономной пожарной сигнализацией из того многоквартирного дома, где жил. Проще говоря, Дэвид

попался на краже этих аппаратов. Учитывая историю Дэвида, это было серьезное преступление, так как важную роль в работе сигнализации играет радиоактивный элемент америций. Америций – это надежный источник альфа-частиц, которые можно вместе с электрическим током пропускать через детекторы дыма. Дым впитывает альфа-частицы, из-за чего электрическая цепь разрывается и срабатывает пожарная сигнализация. Но Дэвид планировал использовать америций для создания еще одной грубой нейтронной пушки, поскольку альфа-частицы способны вышибать нейтроны из ядер некоторых элементов. Действительно, еще подростком Дэвида задерживали в летнем лагере за воровство дымовых детекторов. На этот раз его сразу арестовали.

Когда в 2007 году его снимок, сделанный в участке, попал в руки журналистам, оказалось, что физиономия Дэвида покрыта красными пятнами, как будто он страдал от острой угревой сыпи и расцарапывал себе лицо до крови. Но обычно у мужчин после тридцати угревой сыпи не бывает. Напрашивался вывод, что эта болезнь связана именно с ядерными экспериментами, которыми Дэвид увлекался в юности. Его история напоминает, что элементы, выстроившиеся по нижнему краю таблицы, конечно, не ядовиты в традиционном понимании этого слова, в отличие от металлов из «коридора ядов». Но радиоактивные элементы достаточно коварны и могут сломать человеку жизнь.

10. Примите два элемента, перезвоните мне утром

Периодическая таблица полна переменчивых элементов, большинство из которых гораздо сложнее, чем прямолинейные агрессоры из «коридора ядов». Странные элементы творят в нашем организме странные дела – зачастую во вред нам, но иногда и на пользу. Элемент, токсичный в одних обстоятельствах, в других может оказаться противоядием, которое спасет жизнь. Элементы, участвующие в нашем метаболизме каким-то необычным образом, могут стать для врачей новыми диагностическими инструментами. Взаимосвязи между элементами и лекарствами даже помогают прояснить, как сама жизнь вызревает из неодушевленного химического материала, наполняющего периодическую систему.

Лекарства на основе некоторых элементов имеют удивительно давнюю историю. Предполагается, что древнеримские офицеры болели меньше, чем простые легионеры, так как ели с серебряных тарелок. Как ни бесполезна была твердая валюта в диких краях, большинство семей американских первопроходцев обычно брали с собой в путь как минимум одну хорошую серебряную монету, которую провозили в фургонах «Конестога[82]» через прерии, заботливо спрятав в молочной крынке. Монета была нужна не как платежное средство, а чтобы молоко не испортилось. Известный респектабельный астроном Тихо Браге, сломавший нос во время пьяной дуэли в 1564 году в плохо освещенном банкетном зале, заказал себе протез носа из серебра. Этот металл всегда считался модным и, что гораздо важнее, помогал бороться с инфекциями. Правда, он слишком заметно блестел, из-за чего Браге был вынужден повсюду носить с собой банки с кремом, то и дело смазывая свой протез.

Любознательные археологи через много лет после смерти Браге раскопали его череп и обнаружили зеленую корку на передней части черепа. Вероятно, это означает, что Браге носил не серебряный, а более дешевый медный нос[83]. Не исключено, конечно, что Браге просто менял протезы, как серьги, в зависимости от того, в какой компании оказывался. В любом случае эта история кажется правдоподобной. В свое время лечебные свойства обоих металлов отвергались как бабушкины сказки, но в наши дни наука подтверждает, что оба элемента являются антисептиками. Серебро слишком дорогое для повседневного использования, но медные трубы и другие сантехнические приспособления сегодня прочно угнездились в стенах современных зданий, так как полезны именно с санитарной точки зрения. История использования меди в медицинских целях началась в 1976 году, когда в одном филадельфийском отеле была зафиксирована вспышка смертельного заболевания. В июле того года неизвестная инфекция просочилась в трубы кондиционирующей системы здания, распространилась и попала в комнаты через вентиляционные отверстия с потоками холодного воздуха. За несколько дней сотни постояльцев отеля попали в больницу с «гриппом», тридцать четыре человека умерли. В ту неделю отель сдавал свой конференц-зал для съезда группы ветеранов Американского легиона, и, хотя среди жертв оказались не только ветераны, инфекция получила название «болезнь легионеров».

Проблему сразу же стали решать законодательно. Правительство постановило, что необходимо повысить чистоту водопроводов и вентиляционных систем. Простейшим и наи-

---

[82] Знаменитый фургон американских переселенцев. – *Прим. пер.*

[83] Археологи не только изучили корку, сохранившуюся на месте поддельного носа великого астронома, но и обнаружили следы отравления ртутью, которая, вероятно, оседала у Браге на усах. Вероятно, он пачкался в ртути во время своих активных алхимических изысканий. Считается, что Браге умер от разрыва мочевого пузыря. Однажды, будучи на званом ужине знаменитый астроном выпил лишнего, но отказался отлучиться в уборную, поскольку считал, что это оскорбит августейших особ. К тому времени, как Браге через несколько часов добрался домой, он уже не мог помочиться и умер спустя одиннадцать дней, проведенных в страшных муках. История эта стала легендой, но вполне возможно, что истинной причиной смерти ученого было отравление ртутью.

более дешевым способом усовершенствования всей инфраструктуры оказалось использование меди. Если какие-то бактерии, грибки или мелкие водоросли сталкиваются с медной преградой, они поглощают атомы меди, которые, в свою очередь, нарушают их метаболизм. На человеческие клетки медь такого воздействия не оказывает. Микроорганизмы погибают в течение нескольких часов. Благодаря такому бактерицидному эффекту, называемому «олигодинамическим», металлы оказываются чище, чем дерево или пластик. Вот почему в общественных зданиях так часто встречаются латунные дверные ручки и металлические поручни. Кроме того, легко понять, почему большинство хорошо сохранившихся монет в США содержат до 90 процентов меди или (как, например, пенни) имеют медное покрытие[84]. В вентиляционных шахтах также применяются медные трубы, позволяющие избавиться от таящихся там вредных микроорганизмов.

Не менее смертелен для крошечных одноклеточных организмов ванадий, элемент № 21. Правда, ванадий оказывает необычное действие на мужчин: это самый сильный из известных спермицидов. Большинство спермицидов растворяют жировую мембрану, окружающую сперматозоид, в результате чего клетка гибнет. Однако мембрана есть у всех клеток, поэтому такие вещества часто раздражают слизистую оболочку влагалища и повышают восприимчивость женщины к кандидозу. Это не здорово. Ванадий же не вызывает растворения оболочки сперматозоидов, а просто ломает им жгутики. Жгутики отваливаются, и сперматозоиды просто вертятся на месте, как лодочки с потерянными веслами[85].

Ванадиевые противозачаточные средства не появились на рынке по прозаической причине. Дело в том, что если в лабораторных условиях удается обнаружить у элемента те или иные полезные свойства, это еще не означает, что из него получится безопасный для здоровья людей препарат. Несмотря на свою силу, ванадий остается сомнительным элементом, не слишком подходящим для участия в метаболизме. В частности, ванадий необъяснимым образом повышает и понижает уровень сахара в крови. Именно поэтому, несмотря на небольшую токсичность, минеральная вода из богатых ванадием источников у горы Фудзияма продается в качестве средства, нормализующего уровень сахара в крови (как утверждают некоторые сайты). Другие элементы также могут быть эффективными лекарствами. К примеру, в последнее время ведутся исследования, связанные с лечением рака при помощи гадолиния. Действие гадолиния связано с тем, что в его атоме имеется множество неспаренных электронов. Несмотря на то что каждый электрон всегда готов образовывать химические связи с другими атомами, в родном атоме электроны максимально дистанцируются друг от друга. Как вы помните, электроны находятся в оболочках, а оболочки, в свою очередь, подразделяются на так называемые орбитали. На каждой орбитали может уместиться не более двух электронов. Интересно, что электроны заполняют орбитали по тому же принципу, что и пассажиры – двойные кресла в автобусе. Каждый электрон стремится занять свободную орбиталь и «подсаживается» к другому электрону, лишь когда свободных орбиталей уже нет[86]. При этом электрон может находиться на одной орбитали только с тем, кото-

---

[84] Вот из каких металлов состоят некоторые американские монеты: новый пенни (используется с 1982 года) – 97,5 % цинк, с тонким медным покрытием, снижающим количество бактерий на поверхности монеты. Старые пенни на 95 % состояли из меди. Пятицентовик на 75 % состоит из меди, остальное – никель. Десятицентовик (дайм), монеты в двадцать пять центов и полдоллара на 91,67 % состоят из меди, остальное – никель. Долларовые монеты (кроме коллекционных золотых монет такого достоинства) на 88,6 % состоят из меди, на 6 % – из цинка, на 3,5 % – из марганца и на 2 % – из никеля.

[85] Вот еще несколько интересных фактов о ванадии. Некоторые организмы (по неизвестным причинам) используют ванадий в клетках крови вместо железа. Из-за этого их кровь может иметь как красный, так и ярко-зеленый, и голубой цвет, в зависимости от того, о каком организме идет речь. При добавлении в сталь ванадий значительно увеличивает крепость сплава, который при этом остается сравнительно легким (этим ванадий напоминает молибден и вольфрам, см. главу 5). Даже Генри Форд однажды заявил: «Если бы не было ванадия – не было бы автомобиля!»

[86] Данная «автобусная» метафора – одна из лучших в химии, так как она одновременно и незамысловата, и совершенно точна. Ее автором является Вольфганг Паули, открывший в 1925 году названный его именем «принцип запрета».

рый обладает противоположным спином. Это особое свойство, которым характеризуется магнитное поле электрона. Связь между электронами, их спинами и магнитами может показаться странной, но все вращающиеся заряженные частицы обладают постоянным магнитным полем, как миниатюрные копии Земли. Если электрон образует пару с другим электроном, имеющим противоположный спин, их магнитные поля уравновешиваются.

Гадолиний, находящийся в середине ряда лантаноидов, имеет максимальное количество электронов, находящихся на своих орбиталях в одиночестве. При таком числе неспаренных, несбалансированных электронов он обладает гораздо более сильными магнитными свойствами, чем любой другой элемент. Это используется в магнито-резонансной томографии (МРТ). Принцип работы томографа таков: аппарат немного намагничивает ткани тела, а потом резко отключает магнитное поле. Когда поле исчезает, ткани расслабляются и переориентируются случайным образом, становясь в результате «невидимыми» в магнитном поле. Сильно намагниченные фрагменты, в частности содержащие гадолиний, возвращаются в исходное состояние с задержкой, и МРТ-сканер улавливает эту разницу. Поэтому при включении гадолиния в вещества, которые специфическим образом связываются только с опухолевыми клетками, врачу проще обнаружить опухоль на МРТ-томографе. Можно сказать, что гадолиний усиливает контраст между опухолью и здоровой тканью. В зависимости от модели устройства опухоль может выделяться на дисплее либо как белое пятно на фоне сероватых тканей, либо как чернильное облако на ярко-белом фоне.

Более того, гадолиний помогает не только диагностировать опухоли. Возможно, в нем кроется секрет уничтожения раковых опухолей с помощью интенсивной радиации. Благодаря множеству неспаренных электронов атом гадолиния может абсорбировать группы нейтронов, которые плохо абсорбируются нормальными тканями. Приобретая дополнительные нейтроны, гадолиний становится радиоактивным и сильно повреждает окружающие ткани. В принципе, взрыв микроскопической ядерной боеголовки прямо в теле не сулит ничего хорошего, но если бы врачам удавалось внедрять радиоактивный гадолиний в раковые опухоли, то наш враг неожиданно превращался бы в союзника. Кроме того, гадолиний также подавляет работу белков, участвующих в репарации ДНК, и опухолевые клетки не могут восстановить свои поврежденные хромосомы. Любой, кто перенес онкологическое заболевание, может подтвердить, что точечная атака с применением гадолиния была бы гораздо менее разрушительной, чем традиционная лучевая терапия и химиотерапия. Ведь эти виды лечения, убивающие раковые клетки, губят и все окружающие ткани. Если традиционные приемы можно сравнить с напалмом, то гадолиний однажды может позволить онкологам производить хирургические вмешательства без помощи хирурга[87].

Я не пытаюсь доказать, что шестьдесят четвертый элемент – панацея. Все атомы прокладывают свои пути по человеческому организму. Гадолиний, как и любой элемент, отсутствующий в нормальном обмене веществ, дает свои побочные эффекты. У некоторых пациентов он вызывает проблемы с почками, которые не могут быстро вывести его из организма. По другим данным, гадолиний повышает жесткость мышц, симптомы напоминают ранние стадии трупного окоченения. Кожа грубеет и твердеет, что в некоторых случаях затрудняет

[87] Наряду с гадолинием, многообещающим противораковым металлом считается золото. Золото абсорбирует инфракрасные лучи, легко проходящие сквозь тело, и при этом очень сильно разогревается. Если бы был найден способ внедрять в опухоли специальные частицы, покрытые золотом, врач мог бы «зажарить» опухоль, не повреждая окружающих ее здоровых тканей. Этот метод был предложен Джоном Канзиусом, бизнесменом и инженером-радиотехником, который, начиная с 2003 года, перенес тридцать шесть циклов химиотерапии, пытаясь побороть лейкоз. После химиотерапии он чувствовал невероятную тошноту и разбитость, а также страдал от отчаяния, обуревавшего его при виде маленьких детей в больнице. Поэтому Джон решил найти более щадящий способ лечения. Однажды ночью ему пришла на ум идея о разогревании металлических частиц, он собрал пробный экземпляр устройства для этой цели, воспользовавшись противнями со своей кухни. Канзиус протестировал аппарат, наполнив половину хот-дога раствором с металлом и поместив его в камеру с сильным радиоизлучением. Начиненная металлом часть быстро зажарилась, а вторая часть осталась холодной.

дыхание. Если заглянуть в Интернет, там обнаружится множество жалоб потерпевших, здоровье которых, по их словам, было погублено гадолинием (использованным для проведения МРТ).

Интернет – интересное место, где можно отследить все более-менее распространенные мнения, касающиеся роли малоизвестных элементов в медицине. Практически для любого элемента, кроме токсичных металлов (а иногда и для них), можно найти какой-нибудь сайт нетрадиционной медицины, на котором этот элемент продают как пищевую добавку[88]. Закономерно, что в Интернете вы легко найдете и рекламу юридических фирм, предлагающих компенсировать вред, причиненный здоровью таким лечением. Профессиональные юристы готовы защищать ваши интересы, если вы подверглись патологическому воздействию практически любого элемента. Пока создается впечатление, что чудо-лекари располагают в Интернете более широкой аудиторией сторонников, чем адвокаты. Медицина химических элементов (например, цинк в рассасывающихся таблетках) становится все популярнее, особенно если элемент давно использовался в знахарских снадобьях. В течение последнего века люди постепенно перешли с бабушкиных припарок на настоящие препараты, но растущее недоверие к европейской медицине вновь толкает людей на самолечение сомнительными «лекарствами», например серебром[89].

Лечение серебром, казалось бы, имеет научные основания – ведь этот металл вызывает такой же стерилизующий эффект, как и медь. Но разница между медью и серебром заключается в следующем: при употреблении серебра внутрь кожа становится голубоватой. Надолго. И ситуация на самом деле опаснее, чем кажется. Называя отравленную серебром кожу «голубой», мы лишь описываем внешние симптомы, и можно вообразить, что это очень интересно – иметь кожу цвета электрик. На самом же деле, кожа приобретает мертвенный сероватый оттенок, и человек начинает походить на гнома-смурфика[90].

К счастью, это заболевание, называемое аргирией, не смертельно и не отражается на работе внутренних органов. В начале XX века один человек даже зарабатывал себе на жизнь, выступая с номером «Блю-Мэн» в цирке уродцев. Его кожа приобрела голубой оттенок из-за передозировки нитрата серебра, которым бедняга пытался вылечить сифилис. Кстати, лекарство не помогло. Уже в наши дни сёрвайвелист[91] и ярый борец за свободу из штата Монтана Стэн Джонс в 2002 и 2006 годах баллотировался в Сенат США, ничуть не смущаясь синеватого оттенка своей кожи. Следует отдать Стэну должное – он смешил народ не хуже, чем преследовавшие его журналисты. Когда его спрашивали, что он говорит взрослым и детям, тычущим в него пальцем на улице, Джонс совершенно серьезно отвечал: «Говорю им, что обнашиваю маскарадный костюм для Хэллоуина».

Джонс также охотно рассказывал, как он заболел аргирией. Дело было так: всюду выискивая следы теории заговора, в 1995 году Джонс просто помешался на грядущей ката-

---

[88] В майском номере журнала *Smithsonian* вышла статья Honorable Mentions: Near Misses in the Genius Department («Почетные упоминания: несостоявшиеся гении») о Стэне Линдберге, отчаянном химике-экспериментаторе. Он поставил перед собой цель «принять дозу каждого из элементов периодической системы». В статье, в частности, отмечается: «Линдберг не только оказался рекордсменом Северной Америки по отравлению ртутью, но и оставил невообразимое свидетельство о трехнедельном иттербиевом запое – книгу Fear and Loathing in the Lanthanides. Эта работа уже считается классической».Я потратил добрых полчаса, пытаясь отыскать в Интернете труд Fear and Loathing in the Lanthanides, пока не понял, что меня надули. Этой книги не существует. Хотя кто знает? Все элементы по-своему странные, вдруг и от иттербия можно захмелеть…

[89] В 2003 году в журнале *Wired* был опубликован короткий новостной сюжет о возрождении «серебряного лекарского шарлатанства» в Интернете. Вот истинный перл: «В последнее время во всей стране врачи регистрируют настоящий всплеск случаев аргирии. Так, доктор Билл Робертсон, медицинский директор Центра по лечению отравлений, Сиэтл, заявляет: «За последние полтора года в моей практике было шесть случаев отравления серебром из-за использования так называемых пищевых добавок. Это были первые подобные случаи за мой полувековой стаж»».

[90] Герои известного мультсериала, созданные бельгийским художником Пьером Кюллифором. *Прим. пер.*

[91] Сёрвайвелизм – движение, пропагандирующее методы выживания в постапокалиптическом мире. – *Прим. пер.*

строфе, известной под названием «Проблема 2000 года». В особенности его волновал жесткий дефицит антибиотиков, с которым придется столкнуться после апокалипсиса. И тогда Джонс решил, что готовить иммунную систему к тяжелым временам нужно уже сейчас. Он принялся дистиллировать у себя на заднем дворе «серебряное пойло». Джонс погружал в пробирки с водой серебряные провода, подключенные к 9-вольтным батарейкам. Обрабатывать воду таким образом не советуют даже убежденные проповедники лечения серебром – дело в том, что столь сильные токи чрезмерно обогащают раствор ионами серебра. Но Джон исправно пил свое зелье на протяжении четырех с половиной лет, до самого января 2000 года, когда компьютерный апокалипсис не состоялся.

Несмотря на этот провал и на то, как люди таращились на нашего героя во время его предвыборных кампаний, Джонс продолжает упорствовать в своих взглядах. Он баллотировался в сенаторы не для того, чтобы обратить на себя внимание Управления по контролю качества пищевых продуктов и лекарственных средств, которое (вполне в духе борьбы за свободу) выступает против медицинского применения элементов лишь в крайних случаях, когда они наносят серьезный вред или когда врачеватели потчуют больных явно невыполнимыми обещаниями. В 2003-м, год спустя после проигрыша на выборах-2002, Джонс заявил в своем интервью одному из известных журналов: «Я, конечно, виноват в том, что допустил передозировку [серебра], но по-прежнему считаю, что это самый лучший антибиотик в мире… Если Америка подвергнется атаке с применением биологического оружия или если я заражусь какой-нибудь опасной болезнью, я вновь начну принимать серебро. Чтобы выжить, можно и фиолетовым стать».

Несмотря на убежденность Стэна Джонса, лучшие современные лекарства содержат не отдельные элементы, а сложные химические соединения. Тем не менее в истории современной фармакологии нескольким неброским элементам довелось сыграть выдающиеся роли. Далее мы поговорим о сравнительно малоизвестных, но героических ученых, в частности о Герхарде Домагке, но для начала вспомним о Луи Пастере и о его удивительном открытии, связанном с биологическими молекулами. Дело в том, что Пастер обнаружил свойство хиральности, в котором заключается самая суть живой материи.

Возможно, вы правша, но на молекулярном уровне это не так: все аминокислоты во всех белках человеческого организма закручены влево. Более того, практически все белки всех когда-либо существовавших на Земле форм жизни были исключительно «левозакрученными». Если астробиологам когда-либо удастся найти микроба на метеорите или, скажем, на спутнике Юпитера, то первым делом они проверят хиральность его белков. Если белки левозакрученные – то не исключено, что в пробирку просто попал земной микроб. Но если они окажутся правозакрученными, то перед нами определенно инопланетная форма жизни.

Пастер обнаружил явление хиральности, так как в самом начале своей научной карьеры стал изучать примитивные живые организмы с химической точки зрения. В 1849 году, когда ему было двадцать шесть лет, Пастера пригласили в одну винодельню и попросили исследовать винную кислоту – безвредный побочный продукт виноделия. Винная кислота образуется в результате взаимодействия виноградных косточек и отмерших остатков дрожжей и кристаллизуется на стенках сосудов с вином. Кроме того, винная кислота, полученная при участии дрожжей, имеет любопытное свойство. Если растворить ее в воде и пропустить через эту жидкость вертикальную полоску света, то луч света отклонится от вертикали по часовой стрелке. Искусственная винная кислота, получаемая промышленным способом, таким свойством не обладает. Вертикальный луч света не отклоняется и остается прямым. Пастер решил выяснить причину этого различия.

Он определил, что наблюдаемое явление никак не связано с химическими свойствами винной кислоты. И природные, и искусственные образцы одинаково вступали во все химические реакции, элементный состав образцов тоже был одинаковым. Пастер заметил одно раз-

личие, лишь когда рассмотрел кристаллы под увеличительным стеклом. Кристаллы «дрожжевой» винной кислоты были все, как один, скошены в одном направлении и напоминали крошечные кулачки левой руки. Кристаллы винной кислоты, полученные промышленным способом, были скошены как влево, так и вправо. Заинтригованный Пастер взялся за невероятно кропотливую работу – принялся пинцетом сортировать зернышки не крупнее кристалликов соли на две кучки: правосторонние и левосторонние. Затем он растворил кристаллы из каждой кучки в отдельном стакане воды и пропустил через них луч света. Как и ожидалось, дрожжевые кристаллы преломляли свет по часовой стрелке, а их зеркальные отражения – против часовой стрелки, но на такой же угол.

Пастер рассказал об этих наблюдениях своему наставнику Жану-Батисту Био, впервые обнаружившему, что молекулы некоторых соединений могут искривлять лучи света. Старик потребовал, чтобы Пастер продемонстрировал ему это явление, и был глубоко поражен тонкостью пастеровского эксперимента. В сущности, Пастер показал, что в природе существуют два типа винной кислоты, отличающиеся исключительно ориентацией своих молекул. Позже Пастер развил эту идею и показал, что молекулы живых организмов со всей определенностью тяготеют к одному виду хиральности[92].

Позже Пастер признавался, что смог проделать эту блестящую работу лишь благодаря случаю. В молекулах винной кислоты хиральность очень заметна, чего не скажешь о многих других веществах. Кроме того, хотя никто не предполагал наличия связи между хиральностью и вращением света, Пастер воспользовался помощью Био, который продемонстрировал ему опыты с оптическим вращением. Но самое поразительное обстоятельство заключалось в том, что Пастер смог совершить свое открытие во многом благодаря погоде. Готовя искусственную винную кислоту для опытов, Пастер охлаждал ее на подоконнике. Кислота разделяется на левовращающие и правовращающие кристаллы лишь при температуре ниже 26,1 °C. Если бы в ту пору было немного теплее, Пастер так и не открыл бы хиральность. Тем не менее Пастер сознавал, что лишь частично обязан счастливому стечению обстоятельств. Как он любил говаривать, «Судьба одаривает только подготовленные умы».

Пастер оказался достаточно опытным исследователем, чтобы подобная «удача» сопутствовала ему на протяжении всей жизни. Пусть и не первым, он поставил оригинальный опыт с мясным бульоном в стерильных колбах и со всей определенностью доказал, что в воздухе не содержится никакого «живительного элемента», никакого «духа», который мог бы зародить жизнь в мертвой материи. Как ни таинственен этот процесс, но жизнь рождается только и исключительно из элементов периодической системы. Пастер также разработал метод пастеризации, в ходе которого молоко подвергается кратковременному сильному нагреванию, в результате чего в нем погибают болезнетворные микробы. Но наибольшую славу среди современников Пастер снискал за то, что смог спасти мальчика, заболевшего бешенством, с помощью своей вакцины. Этот поступок сделал Пастера национальным героем. Ученый умело воспользовался обретенной славой и употребил свое влияние, открыв в Париже институт, где продолжал развивать свою революционную микробную теорию заболеваний.

Неслучайно в 1930-е годы именно в пастеровском институте несколько воинственно настроенных ученых открыли, как именно действуют первые искусственно синтезированные лекарства. В результате они, образно говоря, повесили еще один жернов на шею

[92] Утверждение о том, что на молекулярном уровне все люди являются «левосторонними», можно принять лишь с некоторой натяжкой. Хотя все белки действительно закручены влево, все наши углеводы, а также ДНК закручены вправо. Тем не менее основной вывод Пастера остается верным: в самых разных условиях наши организмы способны принимать и перерабатывать лишь такие органические молекулы, которые имеют нужную хиральность. Наши клетки не могли бы транслировать молекулу ДНК, закрученную влево, а если бы нас кормили «левосторонним» сахаром, мы бы голодали.

интеллектуальному наследнику Пастера, великому микробиологу своего времени, Герхарду Домагку.

В начале декабря 1935 года Хильдегарда Домагк, дочь ученого, упала с лестницы в доме Домагков в немецком городе Вупперталь. В это время девочка держала в руке швейную иглу. Игла вонзилась ушком ей в руку и обломилась. Врач извлек обломок, но всего через несколько дней Хильдегарда слегла с высокой температурой и сильнейшей стрептококковой инфекцией, поразившей всю руку. Болезнь прогрессировала, и Домагк по-настоящему испугался, поскольку знал, что такие страшные инфекции часто приводят к смерти. Как только бактерии начинали активно размножаться, ни одно известное лекарство не могло остановить этот процесс.

Правда, одно потенциальное лекарство, все же существовало. Это был красный промышленный краситель, который Домагк уже некоторое время неспешно исследовал в своей лаборатории. 20 декабря 1932 года он ввел подопытным мышам из одного выводка десять смертельных доз стрептококковой инфекции. То же самое он сделал и со вторым выводком. Через полтора часа он вколол мышам из второй группы тот самый промышленный краситель – пронтозил. В канун Рождества 1935 года Домагк, в ту пору еще никому не известный химик, явился в лабораторию, чтобы проверить результаты опыта. Все мыши из первого выводка были мертвы, все мыши из второго – живы.

Это был не единственный факт, занимавший мысли Домагка в часы бдения у постели дочери. Пронтозил – это кольцевая органическая молекула, содержащая атом серы. Оказалось, что это вещество обладает непредсказуемыми свойствами. В то время немцы предлагали довольно странное объяснение бактерицидных свойств красителя, полагая, что вещество убивает микробов, окрашивая их жизненно важные органы в необычный цвет. Но хотя пронтозил и истреблял микробов в организме живых мышей, он нисколько не вредил бактериям при проведении аналогичного опыта в пробирке. Микробы как ни в чем не бывало плавали в красном растворе. Никто не мог объяснить, почему так происходит, и из-за этого непонимания многие европейские врачи критиковали немецкую «химиотерапию», предпочитая лечить инфекцию путем хирургического вмешательства. Даже Домагк не вполне верил в действенность своего лекарства. В период между экспериментами на мышах и несчастьем, которое случилось с Хильдегардой, уже были проведены пробные испытания препарата на людях, оказавшиеся успешными. Правда, у больных то и дело возникали серьезные побочные эффекты (не говоря уже о том, что пациенты, принимавшие лекарство, становились красными, как раки). Конечно, Домагк был готов рисковать жизнью пациентов в ходе клинических испытаний ради высокой цели, но, когда больна твоя собственная дочь, решиться на такое уже нелегко.

Перед этой дилеммой Домагк оказался примерно в такой же ситуации, что и Пастер пятьюдесятью годами ранее. Молодая мать привела к Пастеру своего сына, так искусанного бешеной собакой, что мальчик едва шел. Пастер вколол ребенку вакцину от бешенства, ранее испытанную только на животных, и мальчик выжил[93]. А ведь Пастер не имел врачебной лицензии, и, если бы вакцина не сработала, он вполне мог оказаться на скамье подсудимых. Если бы Домагк ошибся, это бы означало, что он своими руками убил собственную дочь. Но Хильдегарде становилось все хуже, и отец, вероятно, не мог отогнать от себя мысли о двух мышиных клетках под Рождество: одна кишит снующими туда-сюда грызунами, а вторая напоминает склеп. Когда врач Хильдегарды заявил, что собирается ампутировать ей руку,

[93] Мальчика, которого Пастер вылечил от бешенства, звали Жозеф Мейстер. Позже он стал работать сторожем в институте Пастера. Острый трагизм его судьбы заключается в том, что он продолжал работать на этой должности еще в 1940 году, когда немцы оккупировали Францию. Когда один немецкий офицер потребовал от Мейстера, заведовавшего всеми ключами, чтобы тот вскрыл гробницу Пастера и показал немцу кости великого ученого, Мейстер совершил самоубийство, чтобы не опускаться до такого надругательства.

Домагк отбросил все сомнения. Нарушив, пожалуй, любые мыслимые исследовательские протоколы, он выкрал несколько доз экспериментального препарата из собственной лаборатории и принялся лечить дочь кроваво-красной сывороткой.

Сначала Хильдегарде стало только хуже. На протяжении примерно двух недель ее лихорадка то резко обострялась, то отступала. Вдруг, ровно через три года после эксперимента с мышами, состояние Хильдегарды стабилизировалось. Она не только выжила, но и сохранила обе руки.

Домагк ликовал, но сначала не решился рассказать о своем тайном эксперименте коллегам, чтобы не вмешиваться в ход клинических испытаний. Но можно было и не знать об исцелении девочки, чтобы новость о революционном открытии Домагка просочилась в профессиональные круги. Еще бы – ведь он получил первый настоящий антибактериальный препарат. Следует отметить, что в те годы мир уже во многом походил на современный. Уже ходили скоростные межконтинентальные поезда, широко использовалась международная коммуникация по телеграфу. Но люди оказывались под угрозой гибели, подхватив самую обычную инфекцию. С появлением пронтозила возникла надежда, что однажды удастся победить или даже искоренить те неизлечимые болезни, которые косили людей с начала времен. Оставалось только понять принцип действия пронтозила.

Не хочется прерываться, но перед тем, как продолжить рассказ, я должен сделать одну оговорку. Выше я подробно описал «правило октетов», но здесь приходится признать, что из него есть исключения. Пронтозил оказался великолепным лекарством именно потому, что нарушает данное правило. Дело в том, что, когда атом серы оказывается в окружении более требовательных элементов, сера раздает все шесть электронов со своей внешней оболочки и расширяет свой октет до совокупности из двенадцати электронов. В случае пронтозила сера делится одним электроном с бензольным кольцом, одним – с короткой азотной цепью, еще по два электрона достается двум жадным атомам кислорода.

Получается шесть связей, в которых задействованы двенадцать электронов, попробуй управься с такой конструкцией. Ни одному элементу, кроме серы, это не удается. Сера располагается в третьем ряду периодической системы. Ее атом достаточно велик, чтобы принять одновременно больше восьми электронов и удерживать все эти связи на месте. Тем не менее атом из третьего ряда слишком мал, чтобы аккуратно расположить все эти электроны вокруг себя в виде стройной трехмерной структуры.

Домагк был в первую очередь бактериологом и плохо разбирался в такой сложной химии. Поэтому в конце концов он решил опубликовать результаты своих исследований, чтобы другие ученые помогли ему понять принцип работы пронтозила. Но при этом следовало учесть серьезные деловые нюансы. Химический картель, на который работал Домагк, – «ИГ Фарбениндустри» (IGF, та самая компания, которая позже синтезировала газ «Циклон-Б» на базе разработок Фрица Габера) – уже продавал пронтозил в качестве красителя, но подал заявку на расширение патента, описав в ней медикаментозные свойства пронтозила. Это произошло вскоре после Рождества 1932 года. А когда были получены клинические доказательства того, что препарат можно успешно применять на людях, IGF принялась яростно отстаивать свои права на интеллектуальную собственность. Когда Домагк собрался опубликовать результаты, корпорация вынудила его повременить до тех пор, пока не будет окончательно оформлен новый (фармацевтический) патент на препарат. Из-за этой задержки и сам Домагк, и компания IGF подверглись критике – ведь, пока адвокаты выясняли отношения, больные продолжали умирать. Затем компания настояла, чтобы Домагк опубликовал свою статью в малоизвестном журнале, выходившем только на немецком языке. Это было сделано, чтобы скрыть от конкурентов свойства пронтозила.

Несмотря на все предосторожности и на то, какие наполеоновские планы были связаны с пронтозилом, препарат «провалился» на рынке. Иностранные врачи продолжали его пори-

цать, а многие попросту не верили, что такое лекарство может работать. Так продолжалось до тех пор, пока в 1936 году препарат не спас жизнь Франклину Делано Рузвельту-младшему, заболевшему тяжелой формой стафилококковой инфекции. В результате заголовок с упоминанием пронтозила появился на передовице газеты *New York Times,* а само вещество и его единственный атом серы стали известны во всем мире. Домагк внезапно оказался подобен алхимику, способному озолотить IGF. Тот факт, что принцип действия пронтозила так и оставался неизвестным, казался сущим пустяком. Кого это волновало, если в течение 1936 года продажи пронтозила выросли в пять раз, а в течение следующего года – еще в пять раз?

Тем временем французские ученые из Пастеровского института докопались до статьи Домагка, опубликованной в малоизвестном журнале. В праведном гневе, который в равной мере подпитывался ненавистью к интеллектуальной собственности (ученых раздражало патентное законодательство, препятствовавшее проведению важнейших исследований) и антигерманскими настроениями, французы немедленно принялись за работу, призванную обесценить патент IGF (неприязнь всегда была сильнейшим стимулом для гениальных открытий).

Пронтозил действовал на бактерии именно так, как описывалось в рекламе, но ученые из института Пастера обнаружили несколько странных вещей, проследив путь вещества в организме. Во-первых, оказалось, что с бактериями борется совсем не пронтозил, а производное от него соединение – сульфаниламид. Клетки млекопитающих синтезируют сульфаниламид, расщепляя молекулу пронтозила надвое. Сразу стало понятно, почему препарат не действовал на микробов при опытах в пробирке: там не было животных клеток, способных активировать пронтозил, расщепив его молекулу. Во-вторых, сульфаниламид, состоящий из центрального атома серы с шестью боковыми цепочками-щупальцами, нарушает синтез фолиевой кислоты. Это важнейшее питательное вещество, необходимое всем клеткам для репликации ДНК и, следовательно, для деления. Млекопитающие получают фолиевую кислоту из пищи, таким образом, для их клеток сульфаниламид оказывается безвредным. Но бактериям приходится самостоятельно синтезировать фолиевую кислоту, необходимую им для митоза и размножения. Фактически французы доказали, что открытый Домагком препарат не убивает бактерий, а «стерилизует» их!

Этот прорыв в исследованиях пронтозила был ошеломляющей новостью, причем не только с медицинской точки зрения. Самый важный компонент пронтозила – сульфаниламид – был открыт намного раньше. В 1909 году его даже запатентовала та самая «ИГ Фарбениндустри»[94], но только как краситель. К середине 1930-х годов срок действия этого патента уже истек. Ученые из Пастеровского института, опубликовав результаты своих исследований, просто торжествовали – ведь они показали всему миру, как обойти патентные права на пронтозил. Разумеется, Домагк и IGF возразили, что ключевым компонентом препарата является именно пронтозил, а не сульфаниламид. Но, когда накопилось достаточно много доказательств обратного, немцы отозвали свои претензии. Компания потеряла миллионы, вложенные в производство лекарства, и, возможно, сотни миллионов потенциальной прибыли – один за другим появлялись конкуренты, производившие другие сульфаниламидные лекарства.

---

[94] Компания «ИГ Фарбениндустри», в которой работал Домагк, вскоре приобрела печальную известность во всем мире, так как занялась производством инсектицида «Циклон-Б». Нацисты использовали этот смертоносный газ при массовом убийстве узников концентрационных лагерей (подробнее об этом рассказано в главе 5). Компания распалась вскоре после окончания Второй мировой войны. Многие из ее руководителей в ходе Нюрнбергского процесса были обвинены в военных преступлениях (процесс «США против Карла Крауха и др.») за содействие нацистской агрессии и жестокому обращению с узниками и пленными солдатами. Среди фирм, образовавшихся после распада «ИГ Фарбениндустри», сегодня наиболее известны Bayer и BASF.

Несмотря на профессиональный провал Домагка, коллеги по достоинству оценили его работу, и в 1939 году славный последователь Пастера получил Нобелевскую премию по физиологии и медицине. Это произошло всего через семь лет после первого эксперимента с мышами. Но, как бы то ни было, Нобелевская премия лишь усложнила жизнь Домагка. Гитлер возненавидел Нобелевский комитет за то, что еще в 1935 году шведская академия присудила Нобелевскую премию мира журналисту и пацифисту, известному своими антинацистскими взглядами[95]. Фюрер фактически запретил немцам получать Нобелевские премии. По этой причине гестапо арестовало Домагка и жестоко обошлось с ним за его «преступление». С началом Второй мировой войны Домагку удалось немного реабилитироваться перед властями, убедив нацистов (не с первого раза), что его препараты могут вылечивать солдат от гангрены. Но к тому времени союзники также располагали сульфаниламидами, и репутация Домагка явно не улучшилась, когда эти препараты в 1942 году спасли жизнь Уинстону Черчиллю, человеку, намеренному во что бы то ни стало разгромить Германию.

Хуже того, тот препарат, который некогда спас жизнь дочери Домагка, превратился в опасное модное лекарство. Люди принимали сульфаниламиды от боли в горле и насморка, и вскоре препарат стали считать настоящим эликсиром. Всеобщий ажиотаж привел к гнусной афере: жадные до наживы американские дельцы решили подзаработать и стали торговать сульфаниламидами, подслащенными антифризом. За несколько недель от этого средства умерли сотни людей, что еще раз доказывает: когда речь заходит о панацеях, человеческая доверчивость не знает границ.

Кульминацией микробиологических исследований, начатых Пастером, стало открытие антибиотиков. Но не все болезни имеют бактериальную природу; многие из них связаны с гормональными или биохимическими нарушениями. Современная медицина начала борьбу с болезнями такого рода лишь после того, как специалисты принялись исследовать другую замечательную биологическую находку Пастера – явление хиральности. Вскоре после того, как Пастер высказал свое замечательное мнение о судьбе и подготовленных умах, он сделал еще одно важное наблюдение. Пусть и не столь выразительная, эта фраза заставляет задуматься о чудесах, так как ею Пастер пытается ответить на вопрос: благодаря чему жизнь становится живой? Выяснив, что на самом глубоком уровне жизнь связана с хиральностью, Пастер предположил, что «хиральность – это единственная четкая демаркационная линия, которую мы сегодня можем провести между химией и биохимией»[96]. Если вы когда-либо задумывались о том, что же такое жизнь, то, с химической точки зрения, дело именно в хиральности.

Это утверждение Пастера определяло развитие биохимии примерно в течение века. За этот период медицина достигла необычайных успехов в понимании природы болезней. В то же время это утверждение подразумевало, что для достижения основной цели – излечения – нужны хиральные гормоны и хиральные биологические вещества. В конце концов ученые пришли к выводу, что максима Пастера при всей полезности и проницательности подчеркивает и некоторое бессилие самой науки. Когда Пастер предложил разграничить неживую химию (наблюдаемую в химической лаборатории) и живую клеточную биохимию, он одновременно указал, что пересечь эту границу не так-то просто.

Тем не менее эта сложность не отпугивала ученых от новых попыток. Некоторым удалось получить хиральные химические вещества, дистиллируя вытяжки и гормоны из живых организмов, но в конце концов это оказалось невероятно сложной работой. Так, в 1920-е годы

[95] Речь о Карле фон Осецком (1889–1938). – *Прим. пер.*

[96] Тем не менее хиральность обнаруживается и на других уровнях мироздания – от субатомного до сверхгалактического. Радиоактивный бета-распад кобальта-60 – это асимметричный процесс, и космологи уже имеют предварительные доказательства того, что спиральные галактики, расположенные над северным полюсом нашей галактики, обычно вращаются по часовой стрелке, а те, что находятся под южным полюсом, – против часовой стрелки.

двум чикагским химикам пришлось переработать несколько тысяч фунтов бычьих семенников, взятых с бойни, чтобы получить несколько десятков грамм чистого тестостерона. Другой возможный путь заключался в том, чтобы проигнорировать указание Пастера и синтезировать вещества, содержащие как правосторонние, так и левосторонние варианты молекул. Это как раз было совсем несложно, поскольку статистически правовращающие и левовращающие изомеры образуются при химических реакциях с равной вероятностью. Проблема заключается в том, что в организме поведение зеркальных молекул различается. Например, лимоны и апельсины обязаны своим терпким запахом одному и тому же веществу – но эти цитрусовые все же пахнут по-разному, так как в одном из них ароматные молекулы правовращающие, а в другом – левовращающие.

Молекулы с неверной хиральностью могут даже оказывать разрушительное воздействие на «левостороннюю» биологию. Так, в 1950-е годы одна немецкая фармацевтическая компания стала продавать успокоительное средство, в котором безвредная лечебная разновидность активного вещества была смешана с его вредной зеркальной разновидностью, поскольку разработчики просто не умели разделять два вида молекул. В результате приема препарата стали рождаться дети с ужасными уродствами – у многих не было рук и ног, а только кисти и ступни, отходившие от тела, подобно черепашьим ластам. Это вещество, талидомид, стало самым печально известным лекарством XX века[97].

После катастрофы с талидомидом перспективы создания хиральных лекарств казались призрачными, как никогда. Но в то самое время, когда общественность оплакивала калек, один химик из Сент-Луиса по имени Уильям Ноулз принялся экспериментировать с малоизвестным элементом родием. Ноулз работал в сельскохозяйственной компании Монсанто, которая выделила ему собственную исследовательскую лабораторию. Ноулз пошел дальше Пастера и доказал, что в руках достаточно умного биолога «мертвая» материя вполне может оздоровливать живую.

Ноулза заинтересовала плоская, двухмерная молекула, которую он хотел «надуть» и сделать трехмерной. Дело в том, что левосторонняя разновидность этой молекулы могла стать средством для лечения заболеваний мозга, например болезни Паркинсона. Самая сложная задача заключалась в том, чтобы обеспечить правильную ориентацию молекулы. Здесь следует отметить, что плоские объекты не могут быть хиральными. Представьте себе копию вашей правой ладони, вырезанную из картона. Достаточно ее перевернуть – и она станет копией левой ладони. Хиральность возникает лишь по оси z. Но неодушевленные химические вещества, участвующие в реакции, «не понимают», как обеспечить нужную нам хиральность[98], а просто образуют молекулы обоих видов. Правда, химию можно перехитрить.

---

[97] Недавно некоторым ученым удалось определить, почему патологические эффекты талидомида не проявились в ходе клинических испытаний. По некоторым причинам молекулярного характера талидомид не вызывает врожденных отклонений у мышат, а немецкая компания Грюненталь, производившая талидомид, не провела после опытов на мышах тщательных исследований на людях. В США талидомид так и не был допущен к применению для беременных женщин, так как руководитель Управления по контролю качества пищевых продуктов и лекарственных препаратов Френсис Олдэм Келси не подчинился давлению лоббистов и не пропустил этот препарат на американский рынок. Интересно, что в настоящее время талидомид возвращается в медицинскую практику – например, он оказался исключительно эффективным средством от проказы. Кроме того, это хорошее противораковое средство: талидомид замедляет рост опухолей, так как препятствует формированию новых кровеносных сосудов. Именно это свойство талидомида вызывало врожденные уродства: эмбрионы не получали достаточного количества питательных веществ для развития конечностей. Тем не менее до полного доверия талидомиду еще далеко. В большинстве государств действуют строгие правительственные протоколы, запрещающие врачам назначать талидомид женщинам детородного возраста, поскольку на момент начала лечения они могут оказаться беременны.

[98] Уильям Ноулз развернул молекулу, разорвав двойную связь. Когда атом углерода образует двойные связи, от него отходит всего три «мостика» – два одиночных и один двойной. Электронов по-прежнему восемь, но они распределены между двумя связями. Атомы углерода, связанные двойными связями, обычно образуют треугольные молекулы, поскольку в такой структуре электроны отдаляются друг от друга на максимальный угол – 120°. Когда двойная связь разрывается,

Ноулз догадался применить родиевый катализатор. Катализаторы разгоняют химические реакции до таких скоростей, которые сложно даже представить на бытовом уровне. Некоторые катализаторы увеличивают скорость реакции в миллионы, миллиарды и даже триллионы раз. Родий придает реакциям очень большую скорость, и Ноулз обнаружил, что единственного атома родия достаточно, чтобы придать объем практически бесконечному числу плоских молекул. Поэтому он поместил родий в центр молекулы хирального соединения, создав хиральный катализатор.

Основная сложность заключалась в том, что и хиральный катализатор с родиевым атомом, и взаимодействующие плоские молекулы были очень громоздкими. Поэтому, когда они приближались друг к другу для взаимодействия, они напоминали двух тучных животных, пытающихся спариться. Оказалось, что хиральное соединение может внедрить свой родиевый атом в плоскую молекулу лишь из одного положения. И в этом положении «ноги» и «живот» молекулы будут мешать, поэтому она сможет развернуться в трехмерную структуру лишь в одном направлении.

Из-за этого маневренность в ходе молекулярного соития сильно ограничивалась, но ведь в реакции участвовал родий, способный радикально ее ускорить. Таким образом, для решения задачи Ноулзу требовалось устранить лишь одну сложную проблему – создать такой родиевый катализатор – и спокойно собирать урожай правильно сориентированных молекул.

Шел 1968 год, когда Ноулз положил начало современному синтезу лекарственных препаратов. Позже, в 2001 году, ученый был удостоен за это Нобелевской премии по химии.

Так совпало, что тем лекарством, которое Ноулз получил на своем родиевом катализаторе, был леводигидроксифенилаланин, или леводопа, известное благодаря книге Оливера Сакса «Пробуждения». В этой книге подробно рассказано, как леводопа в 1920-е годы пробудила восемьдесят пациентов, у которых в результате длительного летаргического энцефалита *(Encephalitis lethargica*) развилась тяжелая форма болезни Паркинсона. Все восемьдесят находились на стационарном лечении, многие провели по четыре десятилетия в состоянии помутнения рассудка, некоторые пребывали в непрерывной кататонии. Сакс описывает их так: «абсолютно лишенные энергии, побуждений, инициативы, мотиваций, аппетита, эмоций или желаний… столь же бесплотные, как привидения, столь же пассивные, как зомби… потухшие вулканы»[99].

К 1967 году Сакс достиг больших успехов в лечении леводопой больных, страдающих болезнью Паркинсона. Леводопа является предшественником дофамина – вещества, вырабатываемого в головном мозге. Как и пронтозил, исследованный Домагком, леводопа должна быть «биологически активирована» в организме. Но разделить левосторонние и правосторонние варианты этой молекулы было сложно, и стоимость препарата достигала 5000 долларов за фунт. И вдруг как раз в 1968 году стоимость леводопы начала стремительно снижаться – Сакс не понимал почему, сочтя это событие настоящим чудом. Прорыв Ноулза буквально развязал Саксу руки, он вскоре начал лечить в Нью-Йорке своих кататонических пациентов леводопой. В своей книге Сакс пишет: «Весной 1969 года, неправдоподобно, неожиданно и непредсказуемо, эти вулканы начали извергаться».

«Вулканическая» метафора очень точная, поскольку не все последствия приема препарата оказались положительными.

три связи атома углерода превращаются в четыре. В такой ситуации для максимального удаления электронов друг от друга молекула должна быть трехмерной (тетраэдр), а не плоской (квадрат). Угол между вершинами квадрата составляет 90°, а между вершинами тетраэдра – 109,5°. Но дополнительная связь может отходить от молекулы как вверх, так и вниз. В результате образуются молекулы с правосторонней или левосторонней ориентацией.

[99] С «потухшими вулканами» больных летаргическим энцефалитом сравнил не Оливер Сакс, а Константин фон Эюономо, впервые описавший эту болезнь. – *Прим. пер.*

У некоторых людей развился гиперкинетический синдром, характеризующийся гиперактивностью, у других начались галлюцинации, третьи стали глодать предметы, как животные. Но эти люди все равно гораздо лучше чувствовали себя в этом состоянии, чем в состоянии овоща. Сакс вспоминает, что члены семей и больничный персонал уже долго считали этих людей «практически мертвыми» и даже некоторые из больных уже ощущали себя умершими. Так еще раз подтвердилось замечание Пастера о живительных свойствах веществ, обладающих нужной хиральностью.

11. Элементы-обманщики

Никто и подумать не мог, что такой обычный сероватый металл, как родий, однажды поможет создать столь чудесное лекарство, как леводопа. Даже после долгих веков развития химии элементы не перестают нас удивлять, преподнося как приятные, так и неприятные сюрпризы. Элементы могут нарушить наше бессознательное «автоматическое» дыхание, исказить наши ощущения и даже, как йод, изменить наивысшие человеческие способности. Да, химики хорошо изучили многие свойства элементов, такие как температура плавления и распространенность в земной коре. В 2804-страничном фолианте «Справочник по химии и физике» (Handbook of Chemistry and Physics) – святыне всех химиков – перечислены значения всех физических параметров всех химических элементов с невероятным количеством знаков после запятой. На атомном уровне элементы действительно ведут себя предсказуемо. Но как только мы вступаем в биологический хаос, элементы не перестают нас изумлять. Даже тривиальные элементы, встречающиеся нам в повседневной жизни, могут подкинуть кое-какие неприятные сюрпризы, если окажутся в необычной среде.

19 марта 1981 года пятеро техников сняли панель с корпуса тренировочного корабля в штаб-квартире NASA на мысе Канаверал и вошли в забитую аппаратурой заднюю камеру над двигателем. Только что закончился тридцатитрехчасовой «день» – пробный старт прошел безукоризненно. Агентство было вполне уверено в исправности «Колумбии» – самого современного из когда-либо созданных космических шаттлов. В 1981 году кораблю предстояло отправиться в свой первый полет. Вся сложная работа уже была окончена, усталые, но довольные техники залезли в отсек, чтобы выполнить самую что ни на есть рутинную проверку систем. Через считаные секунды они подозрительно тихо выползли оттуда.

На тот момент NASA удавалось избегать смертельных случаев в космосе и на Земле после 1967 года, когда трое астронавтов сгорели заживо во время тренировок перед полетом «Аполлона-1». В 60-е годы NASA, вечно озабоченное сокращением расходов, использовало для дыхания астронавтов лишь чистый кислород, а не воздух (как известно, воздух почти на 80 % состоит из азота, который в данном случае является бесполезным грузом). К сожалению, как пришлось признать инженерам NASA в подготовленном в 1966 году техническом отчете, «в чистом кислороде горение происходит быстрее и при более высокой температуре, так как отсутствует “разбавляющий” его атмосферный азот, абсорбирующий часть тепловой энергии и косвенно участвующий в горении». По мере того как атомы в молекулах кислорода (O_2) впитывают тепло, они диссоциируют и начинают яростно захватывать электроны у окружающих элементов. Из-за этого разгоняется своеобразная «волна», под действием которой пожар разгорается. Кислород не приходится долго «провоцировать». Некоторые инженеры волновались, что даже статическое электричество, накапливающееся в застежках-липучках на костюмах астронавтов, может поджечь активный чистый кислород. Тем не менее этот отчет завершался следующим заключением: хотя «инертный газ можно рассматривать как средство для снижения воспламеняемости… использовать такие инертные присадки не только излишне, но и очень сложно».

Да, это утверждение действительно справедливо в космосе, где атмосферное давление отсутствует и даже небольшого объема внутреннего газа на корабле будет достаточно, чтобы корабль не схлопнулся. Но при тренировках на Земле, в густой земной атмосфере, техникам NASA приходилось закачивать в модель корабля гораздо больше кислорода, чтобы стены не обрушивались. Соответственно, многократно возрастала опасность, так как даже искра огня в чистом кислороде мгновенно превращается в пожар. Когда в 1967 году во время тренировок проскочила случайная искра, огонь мгновенно охватил модуль и заживо сжег троих находившихся внутри астронавтов.

Правда, катастрофы часто позволяют переосмысливать некоторые факты. В NASA решили, что применять инертные газы необходимо, как бы сложно это ни было, – во всех шаттлах и во время тренировок на Земле. В 1981 году, перед отправкой шаттла «Колумбия» все отсеки, в которых могла возникнуть искра, были заполнены достаточным количеством инертного азота (N_2). Электроника и моторы работали в азоте совершенно исправно, а если искры и проскакивали, азот гасил их – кстати, молекула азота гораздо крепче, чем молекула кислорода. Рабочие, заходившие в наполненный инертным газом отсек, должны были надеть газовые маски или дождаться, пока азот будет откачан из отсека, а его место займет пригодный для дыхания воздух. 19 марта техники этого не сделали. Кто-то слишком рано дал разрешение, ничего не подозревавшие рабочие вошли в отсек и рухнули, как подкошенные. Азот не только помешал их нейронам и кровяным тельцам впитать чистый кислород, но и вытянул последний кислород из крошечных пазух, в которых человеческий организм запасает его «на всякий случай», еще сильнее усугубив состояние рабочих. Спасатели вытащили всех пятерых, но спасти удалось лишь троих. Джон Бьёрнстад был уже мертв, а Форрест Коул умер 1 апреля, не приходя в сознание.

Следует отметить, что за несколько последних десятилетий в азоте задыхались и шахтеры, и рабочие, обслуживающие подземные ускорители частиц[100]. Всякий раз эти трагедии происходили в обстоятельствах, напоминающих сцены из фильмов ужасов. Первый человек, входящий в азотную атмосферу, через считаные секунды валится без видимых причин. Второй, а иногда и третий бросаются к нему на помощь и также погибают. Самое страшное заключается в том, что смерть наступает без всякой агонии. Умирающие не паникуют, несмотря на то что задыхаются. Это может показаться невероятным, если вам никогда не доводилось завязнуть под водой. Инстинкт самосохранения, не дающий задохнуться, выталкивает на поверхность. Но в сердце, легких и мозге на самом деле нет никакого «датчика», который проверял бы наличие кислорода. Эти органы различают лишь два процесса: вдыхание газа (любого) и выдыхание углекислого газа. Углекислый газ растворяется в крови, образуя угольную кислоту. Поэтому при каждом выдохе, когда мы избавляемся от углекислого газа и сглаживаем влияние этой кислоты, наш мозг «считает, что все нормально». Это настоящий эволюционный промах. Гораздо целесообразнее было бы создать орган, отслеживающий количество кислорода, поскольку именно в кислороде мы нуждаемся сильнее всего. Но клеткам проще – и в большинстве случаев достаточно – просто «убедиться», что уровень угольной кислоты близок к нулю.

Азот не вписывается в эту систему. Он не имеет цвета, запаха, при его вдыхании в наших кровеносных сосудах не накапливается никакая кислота. Мы легко вдыхаем и выдыхаем его, поэтому наши легкие никак на него не реагируют, никакой тревожный механизм у нас в мозгу не срабатывает. Азот «убивает своей безобидностью», просачиваясь сквозь защитные системы организма, как старый знакомый. Интересно отметить, что элементы из группы азота объединены под общим названием «пниктогены», которое в переводе с греческого означает «дурно пахнущие». Техники NASA – первые жертвы злосчастного шаттла «Колумбия», которому через двадцать два года предстояло развалиться на куски в небе над

[100] Один мой преподаватель из колледжа однажды невероятно увлек меня историей о том, как несколько человек погибли из-за удушения азотом на ускорителе частиц в Лос-Аламосе. Это произошло в 1960-е годы, при обстоятельствах, очень напоминающих трагедию, случившуюся в NASA. После этого события в Лос-Аламосе мой преподаватель всегда добавлял пять процентов диоксида углерода в те газовые смеси, с которыми ему приходилось работать на ускорителях частиц, – в качестве меры безопасности. Позже он писал мне: «Оказалось, что эта предосторожность мне пригодится – всего годом позже один аспирант, оператор установки, совершил ту же ошибку [забыл выкачать инертный газ и впустить на его место воздух, богатый кислородом]. Я вошел в корпус, находившийся под высоким давлением, полный инертного газа… то есть не успел войти, потому что едва я успел протиснуться плечами в отверстие, я уже был в отчаянии, а мои легкие надрывались: “Воздуха! Хоть каплю воздуха!”». В обычном воздухе всего 0,03 % диоксида углерода, в том единственном вдохе его было в 167 раз больше.

Техасом, – вероятно, почувствовали небольшое головокружение и вялость, погружаясь в азотное забытье. Но они вполне могли предположить, что это обычная усталость после тридцати трех часов работы. А поскольку выдыхать углекислый газ они по-прежнему могли, организм так ничего и не заметил, прежде чем азот просто выключил свои жертвы.

Иммунная система организма должна бороться с микробами и другими паразитическими организмами, поэтому с биологической точки зрения она устроена сложнее, чем дыхательная система. Но это не означает, что она лучше справляется с подобным обманом. Как минимум некоторые коварные химические элементы обходят иммунную систему, обводя наш организм вокруг пальца.

В 1952 году шведский врач Пер-Ингвар Бранемарк изучал процесс образования клеток крови в костном мозге. Будучи небрезгливым, Бранемарк желал наблюдать это собственными глазами. Поэтому он просверлил отверстие в большой берцовой кости живого кролика и накрыл рану тончайшим слоем титана – не толще яичной скорлупы. Такие титановые «окошки» были проницаемы для сильного света и позволяли наблюдать за тем, что происходит внутри. Наблюдения шли успешно, и Бранемарк решил выломать из костей дорогие титановые окошки, чтобы воспользоваться ими для новых экспериментов. К его неудовольствию, титан даже не шелохнулся. Бранемарк махнул рукой на эти окошки (и на бедных кроликов), но когда то же самое стало происходить и в следующих экспериментах – титан всегда сидел в берцовой кости, как в тисках, – врач решил подробнее изучить эту ситуацию. То, что он увидел, мгновенно оторвало его от наблюдений за незрелыми кровяными клетками и позволило произвести революцию в протезировании, которое до тех пор развивалось очень вяло.

С древнейших времен врачи заменяли утраченные конечности неудобными деревянными палками и чурками. В ходе промышленной революции и после нее распространились и металлические протезы. Изувеченные солдаты, вернувшиеся с Первой мировой войны, иногда даже носили съемные оловянные лица-маски, которые, по крайней мере, позволяли калеке пройти через толпу, не привлекая любопытных взглядов. Но никому не удавалось интегрировать металл или древесину в живое тело – а это было бы идеальным решением. Иммунная система отторгала все подобные протезы, из чего бы они ни были сделаны – из золота, цинка, магния или хромированных свиных мочевых пузырей. Бранемарк, будучи специалистом по крови, отлично знал, почему так происходит. Как правило, множество клеток крови окружает инородное тело и обволакивают его нитями гладкого волокнистого коллагена. Такой механизм – блокирование чужеродной субстанции и препятствование ее просачиванию – хорошо работает, например, если вас случайно ранили дробью на охоте. Но кровяные клетки не слишком смышленые и не могут различать вредные и полезные инородные тела. Уже через несколько месяцев после имплантации любые протезы покрывались коллагеном и начинали выскальзывать или обламываться.

Это происходило даже с металлами, участвующими в нашем метаболизме, – например, с железом. Что уж говорить о титане, ведь наш организм не нуждается даже в следовых количествах этого металла; конечно, титан нисколько не походил на вещество, которое устроит нашу иммунную систему. Но Бранемарк обнаружил, что по какой-то причине титан словно гипнотизирует кровяные клетки: он не вызывает ровно никакого иммунного ответа и обманывает даже остеобласты, клетки, отвечающие за формирование костной ткани. Титан прикрепляется к ним, как будто между настоящей костью и этим элементом № 22 нет никакой разницы. Титан способен полностью интегрироваться в человеческое тело, обманывая наш организм ради его же блага. С 1952 года этот металл повсеместно используется при имплантации зубных протезов, навинчиваемых пальцев и искусственных суставов. Например, именно такой бедренный сустав имплантировали моей матери в начале 1990-х.

Из-за крайне неудачного стечения обстоятельств моя мама еще в молодости заболела артритом, который уничтожил ее бедренные хрящи. Из-за этого кость крутилась в суставе, как пест в зазубренной ступе. В возрасте тридцати пяти лет ей пришлось полностью заменить сустав. Вместо него ей поставили титановый стержень с шариком на конце, бивший как железнодорожная шпала по отпиленной берцовой кости. На другом конце стержня было гнездо с резьбой, ввинченное ей в тазовую кость. Через несколько месяцев она впервые за долгие годы смогла ходить без боли, а я счастливо всем рассказывал, что ей сделали такую же операцию, как и Бо Джексону[101].

К сожалению (может быть, из-за маминой слишком активной деятельности в качестве воспитательницы в детском саду), проблемы с первым протезом возобновились уже через девять лет. Боль и воспаление вернулись, и мама вновь попала в руки хирургов, которые вскрыли ей ногу. Оказалось, что пластиковый компонент внутри искусственного бедренного гнезда начал крошиться, и мамин организм исправно атаковал пластиковые осколки и ткани вокруг них, покрывая все коллагеном. Но титановое гнездо, установленное в бедре, не подвело. На самом деле, его даже пришлось выломать, чтобы вставить в кость новый титановый элемент. Хирурги из клиники Майо объявили маме, что она была самой молодой их пациенткой, которой пришлось дважды протезировать бедро, и подарили маме то гнездо, которое раньше сидело у нее в кости. Мама по-прежнему держит этот подарок дома в конверте из оберточной бумаги. Имплантат размером с теннисный мяч, разрезанный пополам; и даже сегодня, через десять лет, кусочки белой костной ткани намертво сидят в сером титане.

Еще более сложными органами, нежели иммунная система, являются наши органы чувств – органы осязания, вкуса, обоняния. Они служат для связи между нашими физическими телами и разумом. Но сегодня уже известно, что чем сложнее устроена биологическая система, тем больше неожиданно уязвимых мест в ней найдется. Оказывается, что героическая «ложь во спасение», на которую идет титан, – это исключение из правил. Мы доверяемся нашим органам чувств, чтобы получить объективную информацию о мире и защититься от опасностей. Тем большее смятение и даже страх мы испытываем, когда убеждаемся, насколько наивны наши органы чувств.

Осязательные рецепторы у вас во рту предупредят вас, что необходимо выплюнуть ложку с горячим бульоном, прежде чем вы обожжете язык. Но оказывается, что в перце чили и соусе сальса содержится вещество капсаицин, раздражающее те же самые рецепторы. Перечная мята освежает полость рта потому, что ментол воздействует на холодовые рецепторы. Вы даже вздрагиваете, как будто вам в рот ворвался арктический ветер. Химические элементы вытворяют подобные фокусы с запахом и вкусом. Если вы высыплете на себя мельчайшую щепотку теллура, он будет несколько недель вонять, как самый едкий чеснок, и люди даже через несколько часов безошибочно поймут, что вы заходили в комнату. Еще более странно, что бериллий, элемент № 4, на вкус напоминает сахар. Люди нуждаются в сахаре больше, чем в каком-либо другом питательном веществе, поскольку он быстро дает нам энергию, необходимую для жизни. Казалось бы, спустя тысячелетия поисков пищи человек обладает всем необходимым для обнаружения настоящего сахара. Но бериллий – бледный тугоплавкий нерастворимый металл с мелкими атомами, которые ничуть не походят на кольцевые молекулы сахара, тем не менее раздражает те же вкусовые рецепторы, что и сахар.

Это «притворство» может показаться даже забавным. Но бериллий сладок только в микродозах, а в сколь-нибудь заметных количествах очень токсичен[102]. По некоторым оцен-

---

[101] Знаменитый американский бейсболист и игрок в американский футбол. – *Прим. пер.*

[102] К своему стыду и унижению, правительство США в 1999 году было вынуждено признать, что 26 тысяч ученых и лаборантов были намеренно подвергнуты воздействию высоких доз порошкообразного бериллия. Отравление оказалось таким сильным, что у сотен из них развился хронический бериллиоз и расстройства, связанные с этой болезнью. Большин-

кам, до десяти процентов представителей человеческого рода обладают гиперчувствительностью к так называемому острому бериллиозу, напоминающему по своим проявлениям аллергию на арахис. Но и оставшиеся девяносто процентов могут серьезно повредить легкие, вдыхая бериллиевый порошок. Из-за этого развивается химическая пневмония, как и при вдыхании порошкообразного кремния. Это свойство бериллия обнаружил один из величайших ученых всех времен и народов, Энрико Ферми. В молодости самоуверенный Ферми использовал бериллиевый порошок в экспериментах с радиоактивным ураном. Бериллий отлично подходил для этих опытов, поскольку при смешивании с радиоактивной породой он замедляет частицы, испускаемые ураном. Более того, бериллий не дает частицам просто так разлететься в стороны, а отражает их обратно в кристаллическую решетку урана.

В результате высвобождается еще больше частиц. Позже, переехав из Италии в США, Ферми поднаторел в проведении этих опытов. Именно ему удалось создать первый ядерный реактор и запустить в нем цепную реакцию. Установка Ферми располагалась на теннисном корте Чикагского университета. К счастью, Ферми оказался достаточно умен, чтобы остановить эту реакцию. Но, пока Ферми укрощал ядерную энергию, неприметный бериллий подтачивал его здоровье. По неосторожности еще в молодости великий ученый слишком надышался этим химическим «кондитерским порошком». В возрасте пятидесяти трех лет Ферми умер от пневмонии, проведя последние дни подключенным к аппарату искусственного дыхания. Легкие Ферми были изорваны в клочья.

Бериллий может усыпить внимание людей, которые, казалось бы, должны разбираться в таких вещах. А все дело в том, насколько необычным чувством вкуса наделила нас природа. Некоторые из пяти вариантов вкуса мы различаем сравнительно уверенно. Вкусовые рецепторы, воспринимающие горечь, не дают нам проглотить еду, в особенности растительного происхождения, содержащую ядовитые соединения азота. Так, например, в яблочных зернышках есть цианиды. Рецепторы, воспринимающие вкус чабера (называемый также японским словом «умами»), реагируют на глютамат. Аминокислота глютамат входит в состав белков, поэтому данные вкусовые рецепторы узнают пищу, богатую белками. Но вот рецепторы, реагирующие на сладкое и кислое, довольно часто обманываются. Их может обхитрить не только бериллий, но и особый белок, содержащийся в ягодах и некоторых видах растений. Этот белок, метко названный миракулином, маскирует неприятную кисловатость этих растений и ягод, не изменяя при этом нюансов вкуса. Поэтому уксус из яблочного сидра по вкусу неотличим от яблочного сидра, а соус табаско кажется таким же, как маринара[103]. Миракулин оказывает такое действие, одновременно искажая ощущения рецепторов кислого и связываясь с рецепторами сладкого. В результате этого связывания рецепторы сладкого начинают остро реагировать на рассеянные ионы водорода (H^+), отщепляющиеся от кислот. По той же причине люди, случайно вдохнувшие пары соляной или серной кислоты, ощущают острую зубную боль, как если бы их насильно кормили сырыми, очень кислыми ломтиками лимона. Но, как доказал Гилберт Льюис, кислый вкус связан с наличием электронов и других заряженных частиц. На молекулярном уровне кислый вкус возникает, когда в наш вкусовой рецептор попадают ионы водорода. Наш мозг ассоциирует электричество (поток заряженных частиц) на языке с кислым вкусом. Алессандро Вольта, в честь которого

ство из отравившихся людей работали в аэрокосмической, оборонной промышленности и в атомной энергетике. Правительство решило, что эти отрасли слишком важны, чтобы приостанавливать или тормозить их развитие. Поэтому стандарты по обеспечению безопасности в этих отраслях не совершенствовались, а также не подыскивались альтернативы бериллию. На передовице *Pittsburgh Post-Gazette* в среду 30 марта 1999 года вышла длинная обличительная статья, посвященная этой теме. Она называлась Decades of Risk («Десятилетия риска»). Суть этой статьи передает один из подзаголовков: «Смертельный альянс: промышленников и правительство интересует оружие, а не рабочие».

[103] Табаско – соус из мякоти кайенского перца, уксуса и соли; маринара – итальянский «моряцкий соус» из томатов, чеснока, пряных трав и лука. – *Прим. пер.*

была названа физическая единица «вольт», продемонстрировал эту связь еще около 1800 года в одном красивом эксперименте. Вольта попросил группу добровольцев встать цепочкой и ухватить соседа пальцами за кончик языка. Два человека, стоявших по краям цепочки, при этом положили руки на контакты батареек. В мгновение ока всем стоящим в цепочке людям показалось, что пальцы соседа кислые.

Рецепторы, различающие соленый вкус, также подвержены действию электрических зарядов, но не всех, а исходящих лишь от некоторых элементов. Натрий вызывает наиболее сильный соленый вкус, но калий, химический собрат натрия, также кажется нам соленым. Оба этих элемента существуют в природе только в виде заряженных ионов, и наш язык обнаруживает именно заряд, а не сами калий и натрий. У нас развились такие вкусовые ощущения, поскольку натрий и калий помогают нервным клеткам рассылать сигналы, а мышцам – сокращаться. Вот и оказывается, что без электрического заряда, сообщаемого натрием и калием, наш мозг отключился бы, да и сердце не смогло бы биться. Другие физиологически важные ионы – например, магния и кальция[104] – наш язык также воспринимает как слегка соленые.

Учитывая, насколько сложен соленый вкус, он не сводится к восприятию всего нескольких элементов, как можно было бы заключить из предыдущего абзаца. Другие ионы, физиологически совершенно бесполезные, но «подражающие» натрию и калию, также кажутся нам солеными (таковы, в частности, ионы лития и аммония). В зависимости от того, в соединении с каким элементом нам попадутся калий и натрий, даже они могут показаться сладкими или кислыми. В некоторых случаях (типичный пример – хлорид кальция) одни и те же молекулы при низкой концентрации кажутся горькими, но становятся солеными, если концентрацию повысить. Калий также может «выключить» язык. При жевании чистого гимнемата калия (это вещество содержится в листьях гимнемы лесной) нейтрализуется миракулин – тот чудесный белок, который превращает кислое в сладкое. Факты говорят сами за себя: после приема гимнемата калия пропадает «сладкая накачка», которой наши язык и сердце подпитываются из глюкозы, сахарозы или фруктозы. Даже если насыпать на язык горку сахара, мы будем ощущать обычный песок[105].

Все приведенные факты подсказывают, что вкус – очень ненадежный индикатор при исследовании элементов. Странно, почему нас обманывает обычный калий, но в целом представляется, что питательные вещества «стараются» максимально подействовать на расположенные у нас в мозгу центры удовольствия. Что касается бериллия, то он, вероятно, обманывает нас лишь потому, что ни один человек не сталкивался с чистым бериллием вплоть до конца XVIII века, когда вскоре после революции этот металл в Париже смог получить один французский химик. У нас просто не было возможности развить здоровое неприятие к бериллию. Суть в том, что отчасти мы сформировались из-за воздействия окружающей среды. Хотя наш мозг идентифицирует различные вещества во время опытов в химической

[104] Правда, ученые из Центра Монелла в Филадельфии, США, считают, что кроме сладкого, кислого, соленого, горького и острого вкуса (умами) человек также различает отдельный уникальный вкус кальция. Ученые убедительно идентифицируют этот вкус у мышей, некоторые люди также могут почувствовать, что вода обогащена кальцием. На что же похож вкус кальция? Вот выдержка из доклада о результатах исследований: «Кальций на вкус напоминает кальций, – утверждает [ведущий исследователь Майкл] Тордофф, – более точного слова не подобрать. Он горький, возможно, чуть кисловат. Но *не только,* так как у нас есть специальные рецепторы, различающие именно кальций».

[105] Рецепторы кислого также иногда нас обманывают. Они реагируют преимущественно на ионы водорода, H^+, но в 2009 году ученые доказали, что они могут воспринимать и диоксид углерода. Углекислый газ, CO_2, соединяется с водой, H_2O, и образует слабую угольную кислоту, H_2CO_3, – возможно, именно поэтому рецепторы кислого оживляются в присутствии CO_2. Врачи обнаружили это явление, так как некоторые препараты подавляют способность ощущать диоксид углерода на вкус. Возникает физиологическое состояние, называемое «шампанский блюз». При нем все газированные напитки кажутся выдохшимися.

лаборатории и мы умеем ставить химические эксперименты, органы чувств не подчиняются разуму. Поэтому мы ощущаем чеснок в теллуре и сахар в бериллии.

Вкус остается одним из наших первозданных удовольствий, остается лишь изумляться тому, как сложно он организован. Сопутствующее вкусу ощущение – это запах. Запах является единственным чувством, обходящим логическую обработку входящих сигналов, протекающую в мозгу. Это чувство действует непосредственно на эмоциональные центры мозга. Вкус, будучи комбинацией двух чувств – запаха и осязания, – проникает в наши эмоциональные закоулки гораздо глубже, чем другие чувства. Неслучайно при поцелуе мы соприкасаемся языками. Но когда речь заходит о периодической системе, язык лучше держать за зубами.

Живой организм настолько сложен и так непредсказуемо хаотичен, что если просто впрыснуть случайный элемент в поток крови, печень или поджелудочную железу, то практически невозможно предсказать, что произойдет. Защиты от такого вмешательства не имеют даже мозг и разум. Высшие материи человеческого существа – наша логика, мудрость и трезвость суждений – также уязвимы для одного из элементов, а именно – для йода.

Это неудивительно, поскольку обман заложен в самой химической структуре йода. В каждом ряду периодической системы при перемещении слева направо элементы становятся все тяжелее. В конце 1860-х годов Дмитрий Иванович Менделеев выяснил, что в основе периодического закона лежит именно возрастание атомных масс элементов. Этот принцип казался одним из универсальных законов мироздания. Загвоздка лишь в том, что в законах мироздания не может быть исключений, но щитовидная железа подсказывала Менделееву, что в правом нижнем углу его таблицы таится именно такое непонятное исключение. Для того чтобы расположить теллур и йод под подобными им элементами, теллур (№ 52) требовалось поставить левее йода (№ 53). Но теллур тяжелее йода. Этот факт упрямо подтверждался, как Менделеев ни пытался убедить химиков, что их приборы врут. Факты есть факты.

Сегодня эта загвоздка кажется безобидной химической причудой природы, которая как будто специально хотела позлить Менделеева. Ученым известно четыре пары таких «неправильных» элементов: аргон – калий, кобальт – никель, йод – теллур и торий – протактиний. Кроме того, несколько подобных пар встречается среди сверхтяжелых искусственно синтезированных элементов. Но через сто лет после эпохи Менделеева йод оказался замешан в гораздо более крупном и гнусном обмане, выступив в амплуа, которое можно сравнить с ролью карточного шулера в гангстерском боевике. Можете не сомневаться, по сей день среди миллиарда жителей Индии ходит слух о том, что Махатма Ганди, этот апостол мира, люто ненавидел йод. Вероятно, Ганди питал отвращение и к урану, и к плутонию, поскольку ими были начинены атомные бомбы. Но, по свидетельствам живущих ныне учеников Ганди, которые желают обратить себе на пользу его легендарную славу, в душе у Махатмы никогда не затухало особое неприятие йода, пятьдесят третьего элемента.

В 1930 году Ганди повел людей в знаменитый Соляной поход к селению Данди, выражая протест против деспотичного британского налога на соль. Соль была одним из немногих полезных минералов, которыми постоянно бедствующая Индия могла сама себя обеспечить. Люди просто собирали морскую воду, выпаривали ее и продавали из холщовых мешков прямо на улицах. Британское правительство обложило выручку от продажи соли налогом в 8,2 процента. Этот акт был проявлением такой жадности, что его можно сравнить только с налогом на сбор песка для бедуинов или налогом на заготовку льда для эскимосов. Чтобы выразить протест, Ганди и семьдесят восемь его сторонников отправились в 390-километровый путь 12 марта 1930 года. В каждой деревне к ним присоединялись новые люди, и к 6 апреля, когда протестующие вышли к прибрежному селению Данди, они уже образовали колонну длиной более трех километров. Ганди собрал вокруг себя толпу на массовый

митинг. В кульминационный момент он подобрал с земли горсть просоленной грязи и воскликнул: «Этой солью я сотрясаю основы [Британской] Империи!» Это событие на Индостане было равносильно Бостонскому чаепитию[106]. Ганди призывал всех выпаривать «нелегальную» соль, не облагаемую налогом. Индия обрела независимость через семнадцать лет.

Единственная проблема заключалась в том, что обычная поваренная соль содержит мало йода – а этот элемент критически важен для здоровья. К началу XX века на Западе осознали, что добавление в пищу небольших доз йода – самая эффективная профилактическая мера, которую можно принять на правительственном уровне для борьбы с врожденными дефектами и умственной отсталостью. Швейцария первой регламентировала обязательное йодирование соли в 1922 году, многие страны последовали ее примеру. Ведь соль – это дешевый и доступный «носитель» для этого элемента. Индийские врачи пришли к выводу, что при высоком показателе рождаемости и низком содержании йода в почве можно спасти миллионы детей от страшных уродств, просто приступив к йодированию соли.

Но даже спустя десятилетия после ненасильственного марша Ганди в Данди производство соли в Индии оставалось кустарным промыслом «для народа», а йодированная соль, которую Британия продавала в Индии, приобрела привкус колониализма. По мере того как полезность йода становилась все очевиднее, а сама Индия модернизировалась, запрет на нейодированную соль был постепенно (в период с 1950 по 1990 год) введен правительствами многих индийских штатов. Но некоторые штаты так и не последовали всеобщему примеру. В 1998 году, когда индийское федеральное правительство потребовало от властей трех упорствующих штатов запретить обычную соль, последовал отпор. Держатели семейных солеварен протестовали из-за роста производственных расходов. Индусские националисты и гандианцы гневно выступали против вторжения западной науки. Некоторые лицемеры даже притворно и совершенно безосновательно высказывали опасения о том, что йодированная соль может вызывать рак, диабет, туберкулез и (верх безумия) «раздражительность». Эти мракобесы не жалели сил, и спустя всего два года – к нескрываемому ужасу ООН и всех индийских врачей – премьер-министр отменил федеральный запрет на нейодированную соль. Юридически этот шаг легализовал обычную соль всего в трех штатах, но он был интерпретирован как фактическое разрешение подобной практики во всей стране. Потребление йодированной соли по всей Индии упало на 13 %. Вслед за этим вновь появились и врожденные дефекты.

К счастью, запрет был отменен лишь до 2005 года, а потом новый премьер-министр восстановил его. Но это едва ли решило все проблемы, связанные с дефицитом йода. Протест во имя Ганди по-прежнему вызывает брожение умов. ООН попыталась распространить представление о необходимости йода среди людей того поколения, которое уже не испытывает чрезмерного пиетета перед Ганди. Детям стали предлагать тайком приносить в школу соль с домашних кухонь. Там они вместе с учителями начинали играть с ней в химических лабораториях, проверяя, сколько в ней йода. Но битва уже была проиграна. Хотя производство достаточного количества соли для всего населения Индии обойдется стране всего в пенни в год на человека, затраты на транспортировку соли очень высоки, и половина страны – полмиллиарда человек – в настоящее время не могут регулярно питаться йодированной солью. Последствия этого очень мрачные, даже если не говорить о врожденных дефектах. Из-за недостатка йода развивается зоб – уродливая опухоль щитовидной железы. Если дефицит йода сохраняется, то щитовидная железа деградирует. Поскольку она отвечает за синтез и высвобождение важных гормонов, в частности мозговых, без нее организм не может нормально функционировать. У больных быстро ослабевает интеллект и даже развивается слабоумие.

---

[106] Знаменитая акция неповиновения американцев, приведшая к Войне за независимость. – *Прим. пер.*

Английский философ Бертран Рассел, еще один знаменитый пацифист XX века, однажды воспользовался этими медицинскими фактами о роли йода, чтобы выстроить аргументацию против существования бессмертной души. «По-видимому, энергия, питающая мышление, имеет химическое происхождение, – писал он, – смышленый ребенок может превратиться в идиота, если ему не давать достаточно йода. В свете этих известных фактов представляется маловероятным, что сознание продолжает существовать после полного разрушения мозговых структур». Иными словами, йод помог Расселу понять, что и разум, и воспоминания, и эмоции зависят от материального состояния мозга. Он не увидел способа отделить «душу» от тела и пришел к выводу, что насыщенная ментальная жизнь человека, источник всей нашей славы и многих наших горестей – это химия в чистом виде. Все мы, в сущности, дети периодической системы.

Часть IV. Элементы человеческого характера

12. Политические элементы

Мозг человека и наш разум – пожалуй, самые сложные феномены, известные науке. Они отягощают человека сильными, сложными, а порой и противоречивыми желаниями. Даже такое строгое научное произведение, как периодическая система элементов, отражает эти желания. Ведь именно люди со всеми их достоинствами и недостатками построили периодическую таблицу. Более того, эту таблицу можно назвать полем, на котором концептуальное встречается с приземленным, где наше стремление к познанию Вселенной – питаемое самыми лучшими качествами человеческой натуры – взаимодействует с материальными кирпичиками, из которых состоит наш мир. Этот материал напоминает нам о наших пороках и несовершенстве. В периодической системе отразились разочарования и поражения, которые нам доводилось терпеть в самых разных областях: экономике, психологии, искусстве и – как свидетельствует наследие Ганди и история с йодом – в политике. Социальная история элементов не менее богата, чем научная.

Эту историю легче всего проследить в Европе. Начнем со страны, которая была такой же жертвой в большой игре колониальных империй, как Индия времен Махатмы Ганди. Польшу, напоминавшую дешевый балаган, называли «страной на колесах». Такое прозвище она получила за все свои выходы на историческую сцену и отступления с нее. Империи, окружавшие Польшу, – Россия, Австро-Венгрия, Пруссия – издавна вели войны на этой равнинной незащищенной болотистой территории и по очереди вычерчивали на политической карте арену для «Божьих игрищ»[107]. Если раскрыть карту, составленную в любой период за последние пять веков, то вполне вероятно, что Польши там не будет.

Польша как раз не существовала, когда в 1867 году в Варшаве родилась одна из самых блестящих представительниц польского народа, Мария Склодовская. Как раз в это время Менделеев работал над своей таблицей. В царской России были приняты средневековые взгляды на женское образование, поэтому отец Марии учил ее сам. Еще в юности она проявила способности к наукам, но в то же время сблизилась с радикальными политическими кружками и стала активно участвовать в выступлениях за независимость. После многочисленных выступлений перед не той аудиторией молодая Мария Склодовская сочла благоразумным перебраться в другой культурный центр Польши – город Краков (который в те времена находился под властью Австро-Венгрии). Даже там она не смогла учиться и заниматься наукой, хотя и страстно этого желала. Наконец, Мария поехала в Сорбонну, в далекий Париж. Она планировала вернуться на родину после получения докторской степени, но влюбилась в Пьера Кюри и осталась во Франции.

В 1890-е годы Мария и Пьер Кюри являли собой, пожалуй, самый плодотворный альянс в истории науки. В те годы передним краем естествознания было изучение радиоактивности. Мария занималась исследованиями урана – самого тяжелого элемента, встречающегося в природе, – и ее работа привела к одному из первых и важнейших открытий в этой области: физические и химические свойства урана были разделены. Атом за атомом, чистый уран испускал столько же радиоактивных лучей, сколько и уран, входивший в состав минералов. Это объяснялось тем, что электронные связи, возникавшие между атомом урана и атомами окружавших его элементов (химия), никак не сказывались на радиоактивных

[107] Автор намекает на книгу английского ученого Нормана Дэвиса «Божьи игрища» об истории Польши. – *Прим. пер.*

свойствах его ядра (физика). Ученым больше не требовалось проверять миллионы химических соединений и кропотливо измерять радиоактивность каждого из них (как, например, для определения температуры плавления). Нужно было лишь проанализировать девяносто с небольшим элементов периодической системы. Это открытие радикально упрощало исследования, позволяло абстрагироваться от раздражающих хитросплетений и исследовать те «несущие конструкции», на которых держалась наука о радиоактивности. В 1903 году супруги Кюри разделили Нобелевскую премию по физике за это открытие.

В этот период жизнь в Париже вполне устраивала Марию, а в 1897 году у них с Пьером родилась дочь Ирен. Но Мария никогда не переставала считать себя полькой. На самом деле, Кюри была одной из первых ласточек в ряду тех людей, которых в XX веке было множество, – ученых-эмигрантов. Наука, как и любая сфера человеческой деятельности, всегда была тесно переплетена с политикой. Любое исследование роли политики в науке содержит множество таких примеров. Но XX век дал нам наиболее красноречивые (и самые отвратительные) исторические примеры того, как разрушение империй может изменять науку. Политика повлияла на научную карьеру двух, пожалуй, величайших женщин-ученых в истории, а чисто научные попытки переработать периодическую систему разожгли конфликты между химиками и физиками. Но особенно красноречиво политика подчеркнула безрассудство ученых, закопавшихся в лабораторной работе и понадеявшихся, что окружающий мир разберется со своими проблемами столь же легко, как исследователь разбирается с уравнениями.

Вскоре после получения Нобелевской премии Кюри совершила еще одно фундаментальное открытие. Занимаясь экспериментами по очистке урана, любознательная Мария заметила, что «побочные продукты», от которых она предпочитала избавляться, были в триста раз радиоактивнее самого урана. Надеясь обнаружить в этих «отходах» новый элемент, они с мужем арендовали сарай, который когда-то использовался для вскрытия трупов, и принялись вываривать тонны настурана (ураносодержащей руды) в огромном котле. Кюри мешала эту массу «железным прутом почти с себя ростом», чтобы получить считаные граммы осадка и внимательно его исследовать. Потребовались годы тяжелейшей кропотливой работы, но в результате супруги Кюри обнаружили ***два*** новых элемента, которые были намного радиоактивнее урана. В 1911 году этот труд увенчался еще одной Нобелевской премией, на этот раз по химии.

Может показаться странным, что принципиально аналогичные исследования были отмечены Нобелевскими премиями в разных номинациях, но в те годы разница между физикой и химией на атомном уровне была еще не столь ясна, как сегодня. Многие из первых лауреатов Нобелевских премий по химии и по физике получали награду за работы, связанные с периодической системой, так как упорядочивание таблицы Менделеева еще продолжалось. Только к тому времени, когда Гленн Сиборг и его команда искусственно синтезировали девяносто шестой элемент и назвали его кюрием в честь Марии Кюри, их работа уже была уверенно отнесена к области химии. Тем не менее на том раннем этапе вручения Нобелевских премий лишь Мария Кюри была удостоена этой награды дважды.

Как первооткрыватели новых элементов, супруги Кюри имели право назвать их. Чтобы извлечь максимальную выгоду из сенсации, которой стали эти странные радиоактивные элементы (а сенсация начиналась с того, что первооткрывательницей новых металлов была женщина), Мария назвала первый из них полонием – в честь отсутствовавшей на карте мира родной Польши. Ни один элемент ранее не был назван с политическим подтекстом, и Мария надеялась, что ее дерзкий выбор воодушевит борцов за независимость Польши и привлечет к их борьбе международное внимание. Ничего подобного не произошло. Публика ознакомилась с открытием и сочла его скучным, зато в обществе принялись судачить о пикантных деталях личной жизни Марии.

Первая трагедия случилась в 1906 году – Пьер Кюри погиб под колесами конного экипажа[108]. Именно поэтому он не разделил с Марией вторую Нобелевскую премию, ведь она присуждается только живым людям. Через несколько лет, когда вся страна еще кипела из-за «дела Дрейфуса» (французская армия сфабриковала обвинения в шпионаже, вменив их в вину офицеру еврейского происхождения по фамилии Дрейфус. Суд приговорил Дрейфуса к тюремному заключению за государственную измену), престижная Французская академия наук не допустила Марию Кюри в свои ряды на том основании, что она женщина (так и было) и, возможно, еврейка (что не соответствовало действительности). Вскоре после этого Мария Кюри и ее коллега (как впоследствии выяснилось – и возлюбленный) Поль Ланжевен вместе прибыли на научную конференцию в Брюссель. Возмущенная мадам Ланжевен отослала любовные письма Поля и Марии в пошлую газетенку, которая опубликовала все, даже самые интимные подробности. Оскорбленный Ланжевен даже стрелялся на дуэлях, силясь защитить честь Марии, – правда, обошлось без смертельных исходов. Единственное кровопролитие произошло, когда мадам Ланжевен огрела супруга стулом.

Скандал с Ланжевеном разразился как раз в 1911 году, и Шведская академия наук всерьез собиралась аннулировать номинацию Марии Кюри на вторую Нобелевскую премию, опасаясь неприятных политических последствий. Было решено, что в духе научной добросовестности так поступать нельзя, но

Академия попросила Марию Кюри не приезжать на церемонию вручения премий. Она тем не менее вызывающе туда явилась. Мария имела привычку пренебрегать общепринятыми нормами. Однажды, будучи в гостях у знаменитого ученого, она увела его и еще одного мужчину в укромный чулан, чтобы продемонстрировать им колбу с радиоактивным металлом, светящимся в темноте. Как только их глаза привыкли к темноте, в дверь настойчиво постучали. Супруга одного из мужчин была наслышана о репутации роковой женщины, которую имела Кюри, и решила, что ее муж слишком долго задерживается.

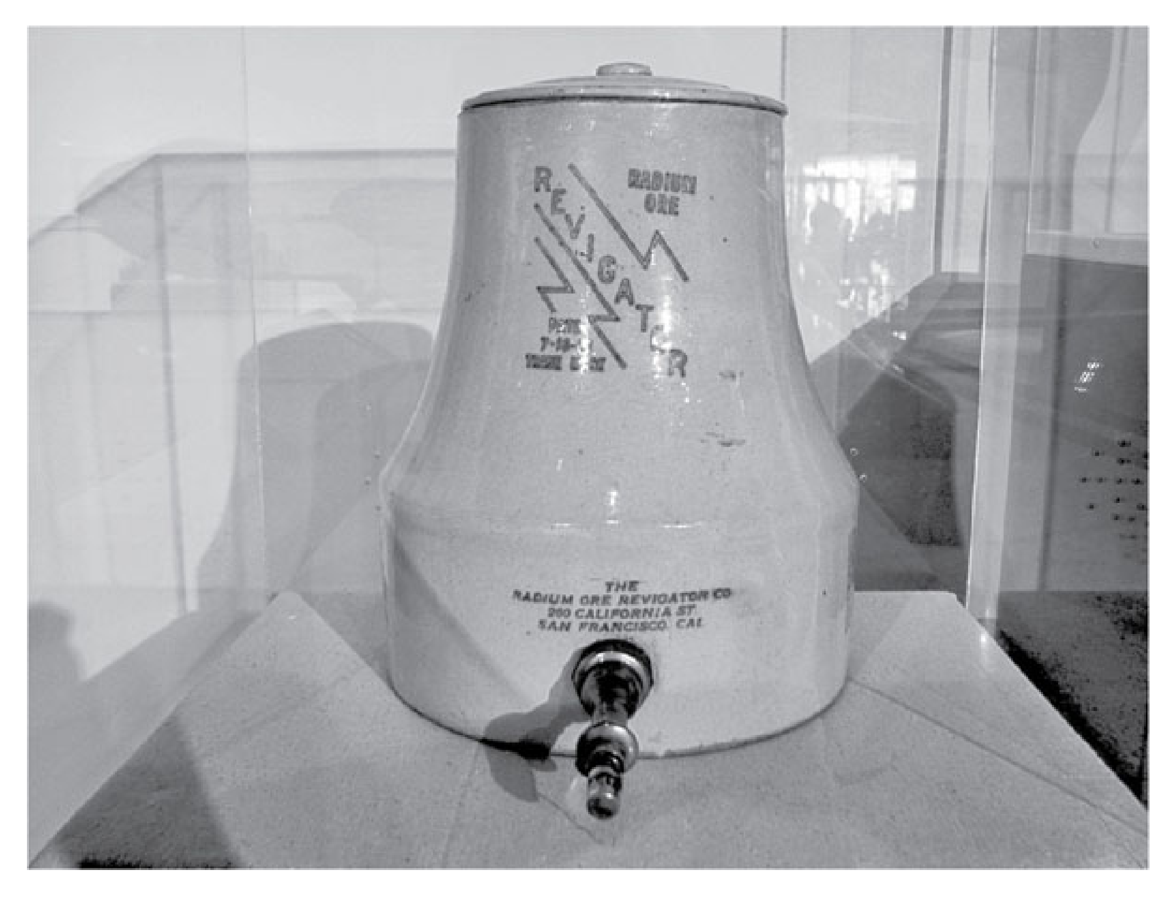
Мария получила небольшую передышку на своем непростом жизненном пути[109], когда в результате Первой мировой войны и развала европейских империй возродилась Польша. Ее народ впервые за долгие века ощутил вкус независимости. Но поступок Марии Кюри, назвавшей первый открытый ею элемент в честь Польши, практически ничего не дал этой стране. Следует признать, что широкий жест Марии Кюри был поспешным решением. Полоний как металл практически бесполезен. Он распадается так быстро, что само это свойство могло показаться издевкой над нестойкой Польшей. Учитывая тот факт, что латынь – мертвый язык, это название в первую очередь ассоциируется не с Польшей, а с Полонием, болтливым глупцом из пьесы «Гамлет». Хуже того, второй открытый Кюри элемент – радий – испускает слабый зеленый свет и вскоре стал использоваться в потребительских товарах по всему миру. Некоторые люди даже пили обогащенную радием воду из керамических кружек с радиевым покрытием в качестве оздоровляющего напитка; такие сосуды назывались «ревигаторами». Конкурирующая компания «Радитор» продавала закупоренные бутылочки с радиевой и ториевой водой[110]. В принципе, радий уверенно обставил полоний и

[108] В любом случае, жить Пьеру оставалось недолго. Эрнест Резерфорд, обладавший образной памятью, однажды рассказывал, как Пьер Кюри демонстрировал ему поразительный эксперимент с сияющим в темноте радием. В тусклом зеленоватом свете Резерфорд заметил уродливые шрамы, покрывавшие опухшие воспаленные пальцы Пьера, обратил внимание, как сложно тому было ухватить пробирку и управляться с нею.

[109] Подробнее о супругах Кюри вы можете прочитать в великолепной книге Шейлы Джонс The Quantum Ten («Квантовая десятка»). В этой работе рассказано об удивительно неоднозначном и беспокойном раннем периоде развития квантовой физики (примерно до 1925 года).

[110] Самой известной жертвой этого радиевого помешательства стал сталелитейный магнат Эбен Байерс, выпивавший по бутылке радиевой воды «Радитор» каждый день на протяжении четырех лет.Промышленник был убежден, что это снадобье поможет ему обрести бессмертие. Он умер от рака, медленно зачахнув. Но Байерс относился к радию не более фанатично, чем многие другие люди; у него просто были средства, позволявшие пить столько этой воды, сколько заблагорассудится.

стал именно тем сенсационным элементом, которым, по мысли Кюри, должен был стать первый открытый ею элемент. Более того, полоний стали связывать с развивающимся у курильщиков раком легких, так как растения табака очень активно всасывают полоний и накапливают его в листьях. При сжигании таких листьев и вдыхании дыма легочная ткань сразу же начинает страдать от радиации. Во всем мире лишь одна страна по-прежнему производит полоний. Это Россия, не раз завоевывавшая Польшу. Возможно, именно поэтому бывший агент КГБ Александр Литвиненко был отравлен полонием, подмешанным в суши. На последних видеопленках Литвиненко выглядит как подросток, умирающий от лейкоза: он потерял все волосы, даже брови. Его бывшие кремлевские начальники стали основными подозреваемыми в убийстве.



Модный «ревигатор» – керамический сосуд с радиевым покрытием. В сосуд наливали воду, которая за ночь становилась радиоактивной. В инструкции по применению рекомендуется пить по шесть и более стаканов освежающего напитка в день (Национальный музей ядерной науки и истории, США)

В истории известен лишь один случай острого отравления полонием, сравнимый по драматичности с убийством Литвиненко. Это история Ирен Жолио-Кюри, дочери Марии Кюри, грациозной женщины с большими грустными глазами. Ирен, которая сама была блестящей исследовательницей, вместе с мужем Фредериком Жолио-Кюри продолжила работу Марии, и вскоре Ирен превзошла свою мать. Ирен не ограничивалась простым поиском радиоактивных элементов, а разработала способ превращения обычных элементов в искусственные радиоактивные атомы путем бомбардирования их субатомными частицами. За эту работу она получила Нобелевскую премию в 1935 году. К сожалению, в качестве «атомных

Статья о его смерти вышла в газете *Wall Street Journal* под заголовком «Радиевая водичка помогала, пока он мог открывать рот».

снарядов» она использовала именно полоний. В один злосчастный день в 1946 году (годом ранее Польша была освобождена от власти нацистской Германии, но лишь для того, чтобы стать сателлитом Советского Союза) капсула с полонием взорвалась в лаборатории Ирен, и женщина надышалась любимым элементом своей матери. Ирен Жолио-Кюри была избавлена от того публичного унижения, которое пережил Литвиненко, но тем не менее в 1956 году умерла от лейкоза, как и Мария Кюри – двадцатью двумя годами ранее.

Страшная смерть Ирен Жолио-Кюри оказалась вдвойне горькой иронией судьбы, так как дешевые искусственные радиоактивные вещества, впервые полученные Ирен, с тех пор стали важнейшими инструментами в арсенале врачей. Радиоактивные вещества-индикаторы, принимаемые внутрь в микродозах, «высвечивают» органы и мягкие ткани не менее эффективно, чем рентген – кости. Радиоактивные изотопы-индикаторы используются практически во всех крупных больницах во всем мире, такой диагностикой занимается целая медицинская дисциплина, называемая радиологией. Тем более удивительно узнать, что радиоактивные индикаторы появились как обычная шутка одного аспиранта – друга Жолио-Кюри, жаждавшего отомстить своей квартирной хозяйке.

В 1910 году, незадолго до того, как Мария Кюри получила свою вторую Нобелевскую премию за исследования радиоактивности, молодой Дьёрдь Хевеши прибыл в Англию, чтобы изучать здесь этот раздел физики. Он учился в Манчестере, где физико-химической лабораторией руководил Эрнест Резерфорд. Он сразу же поставил перед молодым Хевеши сложнейшую задачу: отделить радиоактивные атомы от нерадиоактивных в свинцовых слитках. Практика показала, что это была не просто сложная, а невыполнимая задача. Резерфорд полагал, что радиоактивные атомы, известные в то время под названием «радий-D», являются уникальной субстанцией. На самом деле «радий-D» представлял собой радиоактивный свинец, и, следовательно, его нельзя было отделить от обычного свинца химическими методами. Хевеши тоже не знал этого и потратил целых два года, пытаясь разделить свинец и «радий-D», пока наконец не сдался.

Хевеши был лысоватым усатым венгерским аристократом с немного отвисшими щеками. Конечно, он тосковал по дому. Живя на чужбине, Хевеши предпочитал острую венгерскую пищу, а не английскую, которой его потчевали в пансионе. Уловив некоторые закономерности в том, когда и какую пищу там подают, Хевеши стал подозревать, что здесь, как и в университетской столовой, оставшиеся от понедельника гамбургеры в среду могут легко превратиться в «пряную говядину». Ему казалось, что «свежее» мясо, подаваемое хозяйкой пансиона, было каким угодно, но не свежим. Когда он прямо задал ей неудобный вопрос, хозяйка стала отнекиваться, поэтому Хевеши решил каким-нибудь образом проверить свои подозрения.

Удивительно, но именно в то время он совершил прорыв в своей лабораторной работе. Ему так и не удавалось выделить «радий-D», но Хевеши понял, что может извлечь из этого пользу.

Он стал раздумывать над тем, возможно ли внедрить микроскопические количества растворенного свинца в живой организм, а затем проследить путь элемента. Поскольку и радиоактивный, и нерадиоактивный свинец метаболизируются одинаково, «радий-D» при движении по организму станет своеобразным «маячком». Если бы метод сработал, Хевеши мог бы проследить путь молекул в венах и разных органах с беспрецедентной точностью.

Прежде чем начинать опыты на животных, Хевеши решил проверить метод на неживой органической ткани. При этом он руководствовался потаенными мотивами.

Однажды вечером Хевеши положил себе изрядную порцию мяса и, как только хозяйка отвлеклась, всыпал туда немного «горячего» свинца. Хозяйка, как обычно, собрала полупустые тарелки, а на следующий день Хевеши захватил домой детектор радиации, недавно изобретенный его коллегой по лаборатории Гансом Гейгером. Стоит ли говорить, что, как

только Хевеши поднес счетчик к поданному на ужин гуляшу, прибор защелкал, как бешеный. Хевеши предъявил хозяйке неопровержимые доказательства. Но, будучи ученым-романтиком, Хевеши, без сомнения, польстил даме, посвятив ее в тайны радиоактивности. Хозяйка была польщена, что ее уличили в нечестности столь умно, с применением новейших достижений физической науки, и даже не стала скандалить. Правда, история умалчивает о том, изменила ли она меню.

Вскоре после того, как Хевеши открыл радиоизотопные индикаторы (так называемые меченые атомы), его карьера пошла в гору. Он продолжал работать над проектами на стыке физики и химии. Но эти научные области все явственнее расходились, и большинству ученых приходилось выбирать то или другое направление. Химиков интересовало, как цельные атомы связываются друг с другом. Физиков занимали отдельные части атомов и новая научная дисциплина под названием квантовая механика – причудливый, но красивый метод изучения материи.

Хевеши покинул Англию в 1920 году и отправился в Копенгаген, чтобы учиться у Нильса Бора, крупнейшего специалиста по квантовой физике. И именно в Копенгагене Бор и Хевеши еще больше увеличили разрыв между физикой и химией, вызвав тем самым серьезный политический конфликт.

В 1922 году ячейка для элемента № 72 в периодической системе еще пустовала. Химики уже определили, что элементы от пятьдесят седьмого (лантан) до семьдесят первого (лютеций) являются редкоземельными металлами. Природа семьдесят второго элемента оставалась невыясненной. Никто не знал, замыкает ли он ряд сложно разделяемых редкоземельных металлов – в таком случае для его обнаружения следовало просеивать образцы недавно открытого лютеция – либо является переходным металлом и должен находиться в основной части таблицы. Рассказывают, что Нильс Бор, в одиночестве работая у себя в кабинете, сформулировал почти евклидовское доказательство того, что семьдесят второй элемент *не является* редкоземельным металлом, напоминающим лютеций. Как вы помните, роль электронов в химии в начале XX века была не вполне выясненной, и Бор якобы выстроил свои доказательства на странной математике, действующей в квантовой механике. Согласно этим законам, элементы могут хранить на своих внутренних оболочках лишь ограниченное количество электронов. Атом лютеция с его f-оболочками очень богат электронами, и Бор рассудил, что у следующего элемента «не остается выбора», кроме как снова выстраивать электроны снаружи атома и действовать как настоящий переходный металл. Поэтому Бор поручил Хевеши и физику Дирку Костеру тщательно исследовать образцы циркония – элемента, расположенного над клеткой № 72, – и найти в нем более тяжелый химический аналог. Это было, пожалуй, самое рутинное открытие в истории периодической системы. Хевеши и Костер обнаружили искомый элемент с первой попытки. Они назвали его гафнием – в честь латинского наименования Копенгагена (Hafnia).

К тому времени квантовую механику уже положительно восприняли большинство физиков, но химиков она отталкивала, так как казалась некрасивой и нелогичной. Дело было даже не столько в скучности квантовой механики, сколько в обычном прагматизме: все эти хитрые подсчеты электронов, казалось, практически не были связаны с реальной химией. Но Бор верно угадал положение гафния, даже не входя в химическую лабораторию, и химикам оставалось только сглотнуть комок, подступивший к горлу. Случилось так, что Хевеши и Костер совершили свое открытие как раз в те дни, когда Бор был в Стокгольме, куда он отправился за присужденной ему Нобелевской премией по физике за 1922 год. Они послали Бору телеграмму в Стокгольм, и тот объявил об открытии коллег в своей нобелевской речи. Благодаря открытию гафния, квантовая механика стала восприниматься как эволюционная дисциплина, так как позволяла глубже заглянуть в структуру атома, нежели химия. Коллеги

между собой наделили Бора (как в свое время и Менделеева) пророческим даром. Кстати, Бор не скрывал своего интереса к научному мистицизму.

В любом случае, это просто легенда. Истина немного иная. Как минимум трое ученых до Бора – в том числе химик, оказавший на Бора самое непосредственное влияние, – еще в 1895 году публиковали статьи, в которых говорили о сходстве элемента № 72 с переходными металлами и, в частности, с цирконием. Эти люди были не гениями, опередившими свое время, а среднестатистическими химиками, не обладавшими ни достаточными знаниями, ни достаточным интересом для занятий квантовой физикой. Может показаться, что Бор просто использовал их аргументы, чтобы расположить гафний в таблице, и применил свои квантовые расчеты для обоснования не слишком романтичного, но тем не менее веского *химического* аргумента о месте гафния в периодической системе[111].

Но, как и в случае с большинством легенд, важна не истинность истории, а то, каковы ее последствия, как ее восприняли люди. По мере того как распространялась информация, людям все сильнее хотелось верить, что Бор обнаружил гафний исключительно при помощи квантовой механики. Физика всегда пыталась разложить по полочкам природные механизмы, подразделив их на более мелкие составляющие. Для многих ученых Бор стал тем человеком, который создал из пыльной старомодной химии высокоспециализированную и удивительно оригинальную физическую дисциплину. Философы науки также решили сказать свое слово в этой истории и объявили, что химия Менделеева умерла, а физика Бора правит бал. Спор, который начался как научный диспут, превратился в политический диспут о территориях и границах. Такова наука, такова жизнь.

Эта легенда также воодушевила человека, который оказался в центре всей шумихи, – Дьёрдя Хевеши. Уже в 1924 году коллеги номинировали Хевеши на Нобелевскую премию за открытие гафния, но возник спор о приоритете этого открытия – на него также претендовал французский химик Жорж Урбэн, также увлекавшийся живописью. Возможно, читатель помнит, что в свое время Урбэн неудачно попытался осадить Генри Мозли, предложив ему отсортировать смесь редкоземельных металлов. Именно Урбэн в 1907 году открыл лютеций. Гораздо позже он заявил, что открыл в своих образцах и гафний (редкую редкоземельную разновидность гафния). Большинство ученых сочли работу Урбэна неубедительной, и, к сожалению, в 1924 году Европа еще оставалась разделенной на враждующие лагеря после недавней войны. Поэтому спор о приоритете этого открытия быстро приобрел политическую окраску. Французы воспринимали Бора и Хевеши как немцев, несмотря на то что один из них был датчанином, а второй – венгром. В одном французском периодическом издании даже написали, что от всей этой истории «исходит запах гуннов», как если бы элемент открыл сам Аттила. Кроме того, химики скептически относились к Хевеши из-за его «двойного гражданства» – то есть попыток одновременно заниматься и химией, и физикой. Все это вкупе с политическими играми помешало Нобелевскому комитету вручить премию Хевеши в 1924 году. В тот год премия по химии не присуждалась.

Хевеши, опечаленный, но не сломленный, перебрался из Копенгагена в Германию, где продолжил свои важные эксперименты с мечеными атомами. В свободное время он даже помог определить, как быстро человеческий организм перерабатывает одну молекулу воды (девять дней), для чего пил особую «тяжелую» воду[112] (которая отличается от обычной тем,

---

[111] Об открытии гафния подробно рассказано в книге Эрика Скерри «The Periodic Table» – подробной и прекрасно документированной работе о том, как создавалась периодическая система. Автор исследует порой странные философские взгляды и менталитет тех людей, которые стояли у истоков периодической системы.

[112] Хевеши ставил опыты с тяжелой водой на золотых рыбках и на себе. В результате несколько рыбок погибли.Гилберт Льюис также интересовался тяжелой водой, в последний раз попытавшись получить Нобелевскую премию в начале 1930-х годов именно за исследования этого соединения. Льюис знал, что Гарольд Юри открыл дейтерий – тяжелый водород, в атоме которого содержится нейтрон, – и это открытие тянет на Нобелевскую премию. Это понимали и все остальные ученые в мире, включая самого Гарольда. До этого научная карьера Юри складывалась на редкость неудачно, порой вызывая

что в ней некоторые атомы водорода содержат лишний нейтрон), а затем тщательно взвешивал свою мочу. Как и в случае с подпорченным мясом из пансиона, он не особенно соблюдал формальности при исследовании. Тем временем химики, в частности Ирен Жолио-Кюри, неоднократно и безуспешно выдвигали его на Нобелевскую премию. Год за годом оставаясь без этой награды, Хевеши уже начал отчаиваться. Но, в отличие от ситуации с Гилбертом Льюисом, эта очевидная несправедливость пробудила среди коллег симпатию к Хевеши. Именно отсутствие Нобелевской премии странным образом укрепило его статус в международном научном сообществе.

Но Хевеши, среди предков которого были евреи, вскоре столкнулся с гораздо более серьезными проблемами, чем отсутствие Нобелевской премии. В 1934 году он вернулся из Германии в Копенгаген и остался там вплоть до августа 1940 года, когда нацистские штурмовики постучали в двери Института Бора. Но в нужный момент Хевеши проявил истинную храбрость. Два немца – один еврейского происхождения, а другой просто симпатизировавший евреям и защищавший их, отослали свои золотые Нобелевские медали на хранение Нильсу Бору еще в 1930-е годы, так как в Германии нацисты вполне могли забрать эти награды силой. Тем не менее Гитлер постановил, что экспорт золота является государственным преступлением, и если бы медали были найдены в Дании, могли бы последовать казни. Хевеши предложил закопать медали, но Бор счел эту уловку слишком очевидной. Поэтому, как вспоминал Хевеши, «пока отряды захватчиков маршировали по улицам Копенгагена, я занимался растворением медалей [Макса фон] Лауэ и Джеймса Франка». Для этого Хевеши воспользовался царской водкой – едкой смесью азотной и соляной кислоты, издавна занимавшей алхимиков благодаря своей способности растворять «благородные металлы» – в частности, золото. Правда, Хевеши также отмечал, что у него это получилось не без труда. Когда нацисты устроили обыск в Институте Бора, они стремились найти незаконно приобретенное имущество или свидетельства злоупотреблений, но колбу с оранжевой царской водкой никто проверить не догадался. В 1943 году Хевеши был вынужден бежать в Стокгольм, но, когда он вернулся в свою разгромленную лабораторию после капитуляции Германии, он нашел там свою колбу на той же полке, где и оставил. Хевеши высадил золото, а Шведская академия позже заново отлила медали для Франка и фон Лауэ. Единственная жалоба, которую Хевеши высказал в связи с этими мытарствами, заключалась в потере одного дня работы в лаборатории (из-за спешного бегства в Копенгаген).

Во время всех этих приключений Хевеши не прекращал сотрудничать с коллегами, в частности с Жолио-Кюри. На самом деле, Хевеши стал невольным свидетелем грубейшей ошибки, совершенной Ирен Жолио-Кюри. Из-за этой ошибки она не смогла совершить одно из величайших научных открытий XX века. Честь сделать это открытие выпала другой женщине, еврейке австрийского происхождения, которая, как и Хевеши, была вынуждена спасаться от нацистского преследования. К сожалению, политические злоключения Лизы

насмешки со стороны тестя с тещей. Но сразу после открытия дейтерия он пришел домой и заявил; «Дорогая, теперь все наши проблемы решены!» Льюис решил не упустить свой кусок этой гарантированной премии, исследовав биологические свойства воды, содержащей тяжелый водород. Такая идея возникала не только у него, но факультет физики Университета в Беркли, возглавляемый Эрнестом Лоуренсом, случайно располагал самыми большими запасами тяжелой воды в мире. У исследователей был целый бак воды, которая годами использовалась в экспериментах, связанных с изучением радиоактивности, и в этом резервуаре накопилось достаточно много тяжелой воды (десятки граммов). Льюис умолял Лоуренса, чтобы тот позволил ему отфильтровать тяжелую воду, и Лоуренс согласился – с тем условием, что Льюис вернет ему воду, когда закончит свои эксперименты, поскольку это вещество может понадобиться для опытов и самому Лоуренсу.Льюис дал такое обещание и нарушил его. Выделив тяжелую воду, он решил напоить ею мышь и посмотреть, что произойдет. Один из странных эффектов тяжелой воды заключается в том, что чем больше ее пьешь, тем сильнее разжигаешь жажду, поскольку организм не может перерабатывать такую воду. Хевеши пил тяжелую воду в ничтожно малых дозах, поэтому его организм этого даже не заметил, а вот мышка Льюиса хлебала тяжелую воду несколько часов, пока не умерла. За такое изощренное убийство мыши Нобелевскую премию, конечно, не присудили, а Лоуренс был вне себя от ярости, узнав, что вся его драгоценная тяжелая вода досталась блохастому грызуну.

Мейтнер – как на мировой, так и на научной арене – закончились гораздо печальнее, чем у Хевеши.

Мейтнер и ее коллега Отто Ган, который был немного моложе Лизы, начали вместе работать в Германии незадолго до открытия девяносто первого элемента. Его обнаружил польский химик Казимир Фаянс. В 1913 году он зафиксировал лишь короткоживущие атомы этого элемента и назвал его бревием[113]. В 1917 году Мейтнер и Ган установили, что большинство атомов девяносто первого элемента на самом деле существуют сотни тысяч лет, поэтому слово «бревий» было как минимум неудачным. Они заново назвали этот элемент, окрестив его «протактиний» – «родитель актиния», так как в результате радиоактивного распада этого элемента образовывался актиний.

Неудивительно, что Фаянс опротестовал «отмену» своего открытия. Он обладал изысканными манерами, вызывавшими всеобщее восхищение в высшем обществе, но, по свидетельству современников, в профессиональных делах поляк отличался неуживчивостью и бестактностью. По некоторым данным, Нобелевский комитет в 1924 году проголосовал за то, чтобы присудить премию по химии за исследования радиоактивности именно Фаянсу (как упоминалось выше, эту премию, по-видимому упустил Хевеши). Но решение было отменено в наказание за высокомерие несостоявшегося лауреата. Дело в том, что фотография Фаянса и статья под названием «К. Фаянс в шаге от Нобелевской премии» появились в одной шведской газете до официального присуждения премии. Фаянс всегда утверждал, что какой-то влиятельный и враждебный ему член Нобелевского комитета не дал ему получить эту премию по личным мотивам[114]. Официально было объявлено, что премия не вручается в целях передачи дополнительных средств в спецфонд секции Нобелевского комитета по химии, так как из-за шведской налоговой политики этот капитал уменьшился на 10 процентов. Но это извинительное объяснение было дано только после публичного возмущения таким поступком. Сначала Академия просто заявила, что премии в нескольких категориях вручаться не будут, и пожаловалась на «отсутствие достойных кандидатов».

Возможно, мы так никогда и не узнаем всей правды, поскольку, по правилам Академии, «такая информация является бессрочно секретной».

Как бы то ни было, название «бревий» быстро забылось, а слово «протактиний» прижилось[115]. В наше время часто говорят, что Ган и Мейтнер разделили честь открытия элемента № 91. Тем не менее следует рассказать еще одну, гораздо более интересную историю, связанную с переименованием этого элемента. В научной статье, сообщавшей об открытии долгоживущих изотопов протактиния, были замечены первые признаки необычной привязанности Мейтнер к Гану. Речь не шла о чувственном увлечении – Мейтнер никогда не была замужем и, по-видимому, даже не имела романтических отношений. Но в профессиональ-

---

[113] От лат. *brevis* – краткий. – *Прим. пер.*

[114] Стефан Фаянс, сын Казимира Фаянса, в настоящее время занимающий пост почетного профессора по терапии внутренних болезней на медицинском факультете Мичиганского университета, любезно предоставил мне справку по этому вопросу, прислав следующее электронное письмо:«В 1924 году мне было всего шесть лет, но либо уже тогда, либо, определенно, в последующие годы я действительно слышал от отца рассказы о некоторых деталях этой истории с Нобелевской премией. Сведения о том, что стокгольмская газета опубликовала статью с заголовком "К. Фаянс в шаге от Нобелевской премии" (не знаю, какая именно премия имелась в виду, по химии или по физике), – не вымысел, а чистая правда. Я сам видел экземпляр этой газеты. Также помню, что в этой газете был снимок моего отца, идущего на фоне стокгольмского здания (возможно, сделанный ранее) в официальном костюме, но тогда все так ходили… я слышал, что какой-то влиятельный член Нобелевского комитета блокировал инициативу по присуждению премии моему отцу. Достоверность этих утверждений проверить сложно, разве что кто-нибудь мог бы проверить протокол этого совещания. Считаю, что это секретная информация. Я знаю, что мой отец рассчитывал получить Нобелевскую премию, так как в личных разговорах ему об этом дали знать некоторые близкие сведущие люди. Он ожидал, что получит ее в следующие годы, но, как вы знаете, этого не произошло».

[115] Если быть точным, Мейтнер и Ган назвали полученный ими элемент «протоактиний», только в 1949 году ученые сократили это название на одну «о».

ной сфере они с Ганом являлись единым целым. Возможно, это было связано с тем, что Ган рано распознал талант Лизы и решил работать вместе с ней в приспособленной под лабораторию бывшей столярной мастерской. Немецкие чиновники отказались выделить Мейтнер отдельную лабораторию на том основании, что она была женщиной. За совместной работой в этой мастерской ученые прониклись друг к другу глубокой симпатией. Ган отвечал за химию, определяя, какие элементы присутствуют в радиоактивных образцах, а Мейтнер занималась физикой, выясняя, как именно Ган делает свои открытия. Тем не менее Мейтнер выполнила ***всю*** работу в ходе заключительных экспериментов с протактинием, результаты которых и были опубликованы, поскольку Ган, как раз в то время привлекавшийся к подготовке немецких газовых атак, испытывал от этого сильнейший стресс. При этом Мейтнер сделала все, чтобы Ган также был вознагражден за их совместные опыты (запомним этот великодушный жест).

После войны альянс Гана и Мейтнер возобновился. Но, хотя в научном отношении период между двумя войнами в Германии выдался чрезвычайно активным, с политической точки зрения он был ужасен. Гану – усатому ширококостному чистокровному немцу – было нечего бояться после прихода нацистов к власти в 1932 году. Следует отдать Гану должное: когда в 1933 году Гитлер изгнал из страны всех крупных исследователей еврейского происхождения, образовавших первую волну ученых-беженцев, Ган в знак протеста оставил свой профессорский пост (хотя и продолжал вести семинары). Мейтнер была воспитана в духе сурового австрийского протестантизма, но среди ее бабушек и дедушек были евреи. В свойственном ей духе (возможно, и потому что у нее наконец-то появилась своя лаборатория) Мейтнер недооценила опасность и с воодушевлением углубилась в ядерную физику, где ее ожидали новые открытия.

Крупнейшее из них было совершено в 1934 году, когда Энрико Ферми объявил, что при бомбардировке атомов урана элементарными частицами он получил первые трансурановые элементы. Это утверждение оказалось неверным, но ученых просто ошеломила идея о том, что периодическая система не ограничена 92 клетками. Во всем мире возник целый фейерверк новых идей из области ядерной физики, ученые работали, не покладая рук.

В том же году еще одна из крупнейших фигур ядерной физики, Ирен Жолио-Кюри, также осуществила бомбардировку ядер урана. После тщательного химического анализа она сообщила, что новые трансурановые элементы исключительно похожи на лантан – первый из редкоземельных металлов. Это также было неожиданным – настолько, что Ган ей сначала не поверил. Элементы тяжелее урана просто не могли иметь те же свойства, что и сравнительно легкий металл, располагавшийся в периодической таблице очень далеко от урана. Он вежливо указал Фредерику Жолио-Кюри, что связь с лантаном – это вздор, и поклялся воспроизвести эксперименты Ирен. Так он собирался доказать, что трансурановые элементы не имеют ничего общего с лантаном.

А в 1938 году мир Лизы Мейтнер обрушился. Гитлер нагло аннексировал Австрию и с готовностью принял в Рейх всех австрийцев как арийских братьев немцев – кроме тех, кто имел хотя бы долю еврейской крови. Спустя годы добровольного отшельничества Мейтнер вдруг стала потенциальной жертвой нацистских погромов. А когда один коллега-химик попытался ее заложить, ей оставалось только бежать – в чем была, с десятью дойчмарками в кармане. Она нашла убежище в Швеции и, по иронии судьбы, получила работу в одном из Нобелевских институтов.

Несмотря на все злоключения, Ган не перестал общаться с Мейтнер, и их сотрудничество продолжалось. Они писали друг другу письма, как тайные любовники, от случая к случаю встречались в Копенгагене. На одну такую встречу в 1938 году Ган прибыл потрясенным. Повторив эксперименты Ирен Жолио-Кюри, он смог получить ее элементы. И они не просто проявляли *такие же свойства,* как лантан (и другой расположенный рядом с ним

элемент, барий), но в соответствии со всеми известными химическими анализами *и были лантаном и барием.* Гана считали лучшим химиком своего времени, но он признавался, что это открытие «противоречило всему предыдущему профессиональному опыту». Он признался в своем ошеломительном провале Мейтнер.

Но Мейтнер это не смутило. Из всех великих ученых, работавших над проблемой трансурановых элементов, лишь проницательная Мейтнер смогла понять, что они и не были трансурановыми. Она одна (после консультаций со своим племянником и новым напарником Отто Фришем) поняла, что Ферми открыл не новые элементы, а деление атомного ядра. Он расколол ядро урана на два более мелких ядра и неверно интерпретировал свои результаты. Экалантан, найденный Жолио-Кюри, был просто лантаном, продуктом первых микроскопических ядерных взрывов! Хевеши, изучавший первые черновики работ Жолио-Кюри того времени, позже вспоминал, как близко она подошла к этому великому открытию. Но, по словам Хевеши, Ирен «просто недостаточно себе поверила» и поэтому не сумела правильно интерпретировать свой опыт. Мейтнер же себе доверяла, и она смогла убедить Гана, что права она, а все остальные заблуждаются.

Естественно, Ган захотел сразу опубликовать эти поразительные результаты, но из-за того, что он сотрудничал с Мейтнер и был ей обязан, это оказалось не так просто сделать с политической точки зрения. Они обсудили все варианты, и Мейтнер согласилась, чтобы в итоговой статье были упомянуты лишь имена Гана и его ассистента. Теоретические выкладки Мейтнер и Фриша, лежавшие в основе этого открытия, были опубликованы позже уже в другом журнале. После выхода этих публикаций деление ядра стало реальностью – буквально накануне вторжения Германии в Польшу и перед самым началом Второй мировой войны.

Так началась невероятная череда событий, увенчавшая самый поразительный случай предвидения в мировой науке Нобелевской премией. В 1943 году, еще не зная о существовании Манхэттенского проекта, Нобелевский комитет решил присудить премию за открытие деления атомного ядра. Встал вопрос: кто же ее заслуживает? Разумеется, Ган. Шла война, Швеция была изолирована, поэтому невозможно было узнать у других ученых о вкладе Мейтнер в это открытие (обычно такие консультации являются обязательным условием при принятии решений Нобелевского комитета). Комитету оставалось ориентироваться лишь на журнальные публикации, а научные журналы в годы войны выходили с опозданием на несколько месяцев или не выходили вообще. Почти во всех журналах, особенно в наиболее авторитетных немецких изданиях, роль Мейтнер игнорировалась. Углублявшийся разрыв между химией и физикой также осложнял присуждение премий за междисциплинарные исследования.

Приостановив выдачу премий в 1940 году, Шведская академия вновь начала присуждать их в 1944-м. Некоторые премии были выданы «задним числом». Во-первых, вакантную Нобелевскую премию по химии за 1943 год наконец-то получил Хевеши. Возможно, отчасти это был политический жест, призванный отметить заслуги всех ученых-беженцев. В 1945 году Шведская академия занялась более щекотливым вопросом, связанным с делением ядра. И у Мейтнер, и у Гана были влиятельные сторонники в Нобелевском комитете, но «адвокат» Гана имел дерзость заявить, что за последние годы Мейтнер, скрывавшаяся от гитлеровцев, не занималась никакой «существенной научной работой». Сложно сказать, почему члены Нобелевского комитета не побеседовали с самой Мейтнер, которая работала в Нобелевском институте по соседству, но, в принципе, неприлично спрашивать у людей, считают ли они себя достойными премии. Сторонник Мейтнер выступал за вручение общей премии и Мейтнер, и Гану. Вероятно, он даже мог одержать верх в этом споре, но скоропостижно скончался. Члены комитета, дружественные странам Оси, активизировались, и премия по химии за 1944 год была присуждена одному Гану.

К стыду Гана, когда он получил право выступить по поводу получения премии (в тот период он был интернирован союзниками за предположительное участие в немецкой программе по созданию атомной бомбы, однако позже его оправдали), он не высказался в поддержку Мейтнер. В результате женщина, которую он некогда ценил так высоко, что променял университетскую кафедру на бывшую столярную мастерскую, осталась ни с чем. Некоторые историки называли Мейтнер жертвой «дисциплинарных злоупотреблений, политической глупости, невежества и поспешности»[116].

Нобелевский комитет мог исправить эту несправедливость и в 1946 году, и позже – разумеется, после того как важность вклада Мейтнер стала несомненной. Даже вдохновители Манхэттенского проекта признавались, что испытывали к Лизе Мейтнер глубокое уважение. Но Нобелевский комитет, «раздражительный как старая дева» (это сравнение впервые появилось в журнале ***Time***), не любит признавать ошибки. Несмотря на то что на протяжении всей жизни Мейтнер ее неоднократно выдвигали на соискание Нобелевской премии – это делал даже Казимир Фаянс, который, как никто другой, мог оценить ситуацию, – она умерла в 1968 году, так и не получив заслуженной награды.

Но, к счастью, история умеет все расставлять по своим местам. Трансурановый элемент № 105 изначально (в 1970 году) был назван ганием в честь Отто Гана – по предложению Гленна Сиборга, Альберта Гиорсо и других. Но в ходе спора о наименованиях, не утихавшего в международном комитете, в 1997 году элемент № 105 был переименован в дубний. Правила наименования элементов довольно сложны[117], и в соответствии с ними обычно любое название разрешается предлагать только один раз. Поэтому ганием не сможет называться ни один элемент, даже из тех, что будут открыты в будущем. Ган получил всего лишь Нобелевскую премию. А ИЮПАК вскоре воздал Лизе Мейтнер гораздо более высокую честь, чем присуждение ежегодной премии. Элемент № 109 навеки получил наименование «мейтнерий».

---

[116] Великолепный анализ роли Мейтнер, Гана и деталей присуждения Нобелевской премии сделан в статье, опубликованной в выпуске журнала *Physics Today* за сентябрь 1997 года. Статья называется A Nobel Tale of Postwar Injustice, написана Элизабет Кроуфорд, Рут Левин Сайм и Марком Уокером. Именно из нее взята приведенная в основном тексте цитата о Мейтнер.

[117] После того как название для нового элемента было предложено, оно рассматривается только один раз и только для этого элемента. Если свидетельства об открытии элемента не подтверждаются или если Международный союз теоретической и прикладной химии (ИЮПАК) отвергает предложенное название, то оно больше не может выдвигаться. В случае с Отто Ганом это может показаться справедливым, но по тем же правилам ни один элемент уже не может быть назван «жолиотием» в честь Фредерика или Ирен Жолио-Кюри, поскольку это название официально рассматривалось для элемента № 105. Неизвестно, будет ли еще один шанс у «гиорсия». Возможно, какой-то элемент удастся назвать «элгиорсием», хотя ИЮПАК скептически относится к использованию в названии элемента и имен, и фамилий. Так, некогда было отклонено название «нильсборий», но элемент № 106 был назван просто борием. Это решение не удовлетворило западногерманскую исследовательскую группу, открывшую элемент № 107, так как слово «борий» слишком напоминает «бор» и «барий».

13. Элементы в качестве денег

Конечно, в периодической системе отразились и история, и политика, но гораздо более длительные и тесные взаимосвязи существуют между элементами и деньгами. История о многих металлах будет неполной без обширных экскурсов в историю денег, а значит – и в историю их подделки. В различные эпохи в разных странах роль денег играли скот, пряности, дельфиньи зубы, соль, какао-бобы, сигареты, лапки жуков и тюльпаны, но ничто из этого нельзя было достоверно подделать. Справиться с металлами фальшивомонетчикам было гораздо проще. Переходные металлы особенно похожи своими химическими свойствами и плотностью, так как у них схожие электронные структуры. Переходные металлы легко смешиваются друг с другом и заменяют друг друга в сплавах. Различные комбинации драгоценных и не столь драгоценных металлов обманывали людей на протяжении тысячелетий.

Около 700 года до н. э. царевич Мидас унаследовал Фригийское царство, которое располагалось на территории современной Турции. Согласно различным мифам (в которых, возможно, смешаны две исторические личности по имени Мидас), он вел насыщенную жизнь. Ревнивый бог Аполлон, покровительствовавший искусствам, попросил Мидаса выступить судьей на состязании по музицированию между самим Аполлоном и другими мастерами игры на свирели. Когда Мидас отдал победу не Аполлону, а другому участнику, разгневанный бог превратил уши Мидаса в ослиные (поскольку он не заслуживал человеческих ушей, коль так плохо разбирался в музыке). Согласно другому мифу, Мидас владел самым прекрасным розовым садом. Мидасу приписывались некоторые научные достижения. Так, его считали первооткрывателем олова (это не так, хотя олово действительно добывали во Фригии), а также приписывали ему открытие минералов «черный свинец» (графит) и «белый свинец» (красивый, но ядовитый пигмент, известный как «свинцовые белила»). Но, разумеется, никто не помнил бы Мидаса сегодня, если бы не еще один его дар, связанный с металлургией, – золотое прикосновение. Он приобрел эту способность, приютив пьяного сатира Силена, который однажды ночью пробирался через его розовый сад. Силен так высоко оценил гостеприимство монарха, что предложил ему награду. Мидас попросил, чтобы все, к чему бы он ни прикоснулся, превращалось в золото. Этот дар вскоре стоил ему жизни собственной дочери, которую он неосторожно обнял, и едва не погубил самого Мидаса, так как в золото превращалась вся пища, попадавшая ему в рот.

Разумеется, ничего подобного с реальным правителем никогда не происходило. Но существует свидетельство, что Мидас неслучайно приобрел такую легендарную славу. Все началось с бронзового века, который наступил в тех местах, где правил Мидас, еще около 3000 лет до н. э. Одной из самых высокотехнологичных операций того времени была отливка бронзы – сплава меди и олова. Хотя металл еще очень долго оставался дорогим, к моменту воцарения Мидаса эту технологию освоили уже достаточно широко. Скелет царя, который долго считали останками самого Мидаса (позже выяснилось, что на самом деле это скелет его отца Гордия), был обнаружен в его гробнице во Фригии, окруженный бронзовыми котлами и красивыми бронзовыми чашами с надписями. На самом скелете не сохранилось никакой одежды, остался лишь бронзовый пояс. Но, говоря о «бронзе», следует соблюдать определенную точность. Бронза – это не вода, которая всегда состоит из двух частей водорода и одной части кислорода. Ряд различных сплавов с разными соотношениями металлов объединяется под общим названием «бронза». Бронзовые сплавы Древнего мира отличаются по цвету в зависимости от того, сколько меди, олова и других элементов содержится в тех или иных рудах.

Уникальной чертой рудных залежей в районе Фригии является высокое содержание в них цинка. В природе цинковые и оловянные руды зачастую смешиваются, и один металл

в них легко принять за другой. Интересно, что цинк в сплаве с медью не образует бронзу; получается другой сплав, латунь. А самые первые латунные промыслы были шире всего распространены именно в той части Малой Азии, где правил Мидас.

Уже догадались? Найдите какой-нибудь бронзовый и какой-нибудь латунный предмет и сравните их. Бронза блестит, но имеет медный оттенок. Ее ни с чем не спутаешь. Блеск латуни более заманчивый, неброский, золотистый. Не исключено, что легенда о «золотом прикосновении» Мидаса связана с тем, что подвластный ему уголок Малой Азии был богат цинком.

В 2007 году профессор металлургии из Университета Анкары (Турция) и его коллеги, решив проверить эту гипотезу, сконструировали примитивную плавильную печь, какие могли использоваться в эпоху Мидаса, и принялись загружать в нее местные руды. Они плавили эти руды, заливали получающуюся жидкость в формы, а затем охлаждали. Вы не поверите, но в результате образовывались слитки, удивительно напоминающие золото. Мы, конечно, не знаем, действительно ли современники царя Мидаса верили, что его драгоценные цинковые чаши, статуи и пояса действительно были из золота. Но вероятно, что легенды о Мидасе выдумали совсем не его соотечественники. Скорее всего, путешественники-греки, позже колонизировавшие эту часть Малой Азии, были поражены красотой фригийской «бронзы», блестевшей гораздо ярче, чем греческая. Рассказы странников, дошедшие до Греции, могли век за веком обрастать небылицами, пока золотистая латунь не превратилась в воображении сказителей в чистое золото, а вполне земная власть ближневосточного монарха – в сверхъестественный дар создавать драгоценный металл одним прикосновением руки. Наконец, эту историю в своих «Метаморфозах» изложил гениальный поэт Овидий, и вот до нас дошел миф с более чем реалистичными истоками.

В человеческой культуре есть и еще более древний архетип, подобный золотому касанию Мидаса: затерянный золотой город. Легенды рассказывают о путешественниках, находивших невообразимые богатства в далеких чужеземных странах. Одна из таких легендарных стран называлась Эльдорадо. В более близкие к нам времена, уже исторические, а не легендарные, подобные мечты порой приводили к вспышкам золотой лихорадки. Любой читатель, который уделял хоть какое-то внимание школьным урокам истории, знает, что реальные золотые лихорадки были ужасными, грязными, опасными предприятиями. Золотые лихорадки – это встречи с медведями, борьба со вшами, обваливающиеся своды шахт, многочисленные примеры жалкой развратной жизни и азартных игр. А шансы старателя на обогащение всегда были близки к нулю. Но любой человек, не лишенный воображения, хотя бы однажды мечтал бросить все и пуститься в странствия в поисках блестящих золотых самородков. Тяга к великим приключениям и стремление обогатиться – практически неотъемлемые черты человеческой натуры. История буквально переполнена бесчисленными золотыми лихорадками.

Естественно, природа не отдает свои сокровища просто так. Поэтому она создала железный колчедан (дисульфид железа), чтобы сбивать с толку старателей-дилетантов. Парадоксально, но золотистый блеск железного колчедана даже более выраженный, чем у настоящего золота. Железный колчедан напоминает золото из мультфильмов или воображаемое золото. Во время золотых лихорадок этот минерал, также называемый «золотом дураков», прельстил множество желторотых юнцов и людей, одержимых алчностью. А самая отвратительная золотая лихорадка всех времен и народов случилась, по-видимому, в 1896 году в австралийской глуши, на суровой окраине обитаемого мира. Во время этой лихорадки случалось и так, что отчаявшиеся золотоискатели разбивали кирками собственные печные трубы и просеивали кирпичную крошку, надеясь добыть хотя бы крупицу золота. Вероятно, это был первый в истории массовый ажиотаж, спровоцированный «золотом для дураков из дураков».

Трое ирландцев, в том числе Патрик (Падди) Ханнан, в 1893 году объезжали верхом безлюдные места, и вдруг одна из лошадей потеряла подкову в тридцати с лишним километрах от дома. Возможно, эта подкова принесла самую большую удачу в истории. За несколько дней ирландцы, ни разу даже не копнув землю, собрали около трех с половиной килограммов золотых самородков, просто бродя по округе и собирая их. Честные, но бестолковые ирландцы заявили о своих притязаниях на этот район колониальным властям, в результате чего об обнаруженном ими месте вскоре узнали все. В течение недели сотни старателей нахлынули в этот край (позже прозванный «Находка Ханнана»), чтобы попытать счастья.

В известном смысле новый золотоносный регион действительно сулил легкую наживу. В течение первых месяцев золото в пустыне было найти легче, чем воду. Но вскоре стало понятно, что не все так просто. Золотом жажду не утолить. Чем больше старателей прибывало в эту пустыню, тем дороже становились привозимые товары, тем сильнее ужесточалось соперничество за прииски. Вскоре люди стали копать золото, а некоторые из новоприбывших догадались, что выгоднее будет не рыться в земле, а построить здесь целый старательский городок. В Находке Ханнана стали во множестве открываться пивоварни и бордели, появились частные дома и даже мощеные дороги. Кирпичи, цемент и раствор строители делали из пустой породы, горы которой накапливались на приисках. Старатели просто отбрасывали эту породу, считая ее обычным мусором.

Но мусор мусору рознь. Ведь золото – такой металл, который держится особняком. Вы не найдете золота в минералах и рудах, поскольку оно почти не образует соединений с другими элементами. Золотые чешуйки и самородки обычно не содержат примесей, если не считать некоторых необычных сплавов. Единственный элемент, способный образовывать соединения с золотом, – это «вампирический» теллур, впервые полученный в Трансильвании в 1782 году[118]. Теллур вступает в соединения с золотом, рождая ряд минералов со звучными названиями – креннерит, петцит, сильванит и калаверит, – имеющих замысловатые химические формулы. Вместо красивых пропорций, таких как H_2O, CO_2, формула креннерита записывается как $(Au_{0,8}Ag_{0,2})Te_2$. Эти теллуриды различаются и по цвету, а один из них, калаверит, сияет оттенком желтого.

На самом деле, он больше похож по цвету на латунь или железный колчедан, чем на золото (обладающее более глубоким желтым оттенком), но вполне может обмануть вас, если вы целый день провели на солнце. Представьте себе, как неотесанный грязный восемнадцатилетний парень тащит местному оценщику в Находке Ханнана калаверитовые самородки, а тот втолковывает ему, что это никакое не золото, а, так сказать, «мешок дерьма»[119]. Как вы помните, некоторые соединения теллура (не калаверит, а другие) имеют резкий запах, напоминающий чесночный, но в тысячу раз сильнее. Кроме того, от этой вони исключительно сложно избавиться. Такие находки старались скорее продать или просто закопать, чтобы не чувствовать ужасного запаха, а потом возвращались в пустыню и вновь принимались копать подлинное золото.

Но люди по-прежнему продолжали прибывать в Находку Ханнана, пища и вода ничуть не дешевели. В какой-то момент дефицит продовольствия стал таким острым, что спровоцировал настоящий мятеж. И чем тяжелее становилась ситуация, тем больше слухов расползалось о желтоватой теллуросодержащей породе, которую выкапывали и сразу выбрасывали. Трудившиеся в поте лица старатели не слишком хорошо понимали, что такое калаверит, а вот геологи были знакомы с этим минералом уже не один десяток лет и хорошо изу-

[118] Согласно народным поверьям, в Трансильвании встречалось множество вампиров, в частности обитал знаменитый граф Дракула. – *Прим. пер.*

[119] Игра слов: автор шутливо называет минерал словом «bagoshite». Суффиксом «-ite» заканчиваются названия большинства минералов, а само это слово созвучно с английским выражением «bag of shit» – «мешок дерьма». – *Прим. пер.*

чили его свойства. Во-первых, при низких температурах он разлагается, и извлечь из него золото становится проще простого. Калаверит впервые был обнаружен на территории будущего штата Колорадо в 1860-е годы[120]. Историки полагают, что какие-то путешественники однажды вечером раскладывали костер и обнаружили, что камешки, которыми они обкладывают кострище, эм-м-м… сочатся золотом. Вскоре истории об этом явлении докатились и до Находки Ханнана.

Настоящий ад разверзся 29 мая 1896 года. Отдельные образцы калаверита, из которых были построены сооружения в Находке Ханнана, содержали до пятнадцати килограммов золота на тонну породы, и старатели стали сносить дома, чтобы извлечь из них весь драгоценный металл до последней унции. Сначала люди накинулись на кучи отбросов, извлекая из них калаверитовую породу. Когда мусора не осталось, взялись за сам городок.

Мощеные рытвины вновь стали рытвинами, тротуары были разобраны. Можете не сомневаться, что старатель, выстроивший свой дом, очаг и трубу из начиненных теллуридом кирпичей, без тени сомнения рушил его.

В последующие десятилетия весь регион вокруг Находки Ханнана – вскоре городок был переименован в Калгурли – стал крупнейшим поставщиком золота в мире. Эти места называли Золотой милей, жители Калгурли хвастались, что местные инженеры лучше, чем кто бы то ни было, умеют доставать золото из земли. Пожалуй, потомки усвоили их уроки – ни в коем случае не выбрасывать даже камни.

Цинк Мидаса и теллур из Калгурли – два примера того, как природа случайно вводит нас в заблуждение. Два этих безобидных эпизода в истории денег разделены долгими веками целенаправленной подделки монет. Спустя век после правления Мидаса в Лидии в Малой Азии появились первые настоящие деньги – монеты из естественного сплава золота с серебром, называемого электрум. Вскоре после этого еще один сказочно богатый античный правитель, лидийский царь Крез, догадался, как разлагать электрум на серебро и золото, создав, таким образом, первую в мире действующую валютную систему. А всего через несколько лет после этого, в 540 году до н. э., царь Поликрат, правивший на греческом острове Самос, начал откупаться от своих врагов-спартанцев свинцовыми слитками, покрытыми тонким слоем золота. С тех пор фальшивомонетчики активно разбавляли золото свинцом, медью, оловом и железом примерно так, как в дешевом баре разбавляют пиво водой, – чтобы накопить настоящих денег.

Сегодня подделка денег считается серьезным преступлением, но на протяжении большей части человеческой истории запасы драгоценного металла в королевстве так сильно определяли его экономические позиции, что подделка денег приравнивалась к тяжелейшему преступлению – измене. Фальшивомонетчиков ждала виселица, а то и более мучительная смерть. Подделка денег всегда привлекала людей, которые не понимают, что такое «издержки упущенной выгоды». Закон издержек упущенной выгоды, один из столпов экономики, свидетельствует, что честным трудом вы заработаете гораздо больше, чем тратя сотни часов в погоне за «легкой» наживой. Тем не менее, чтобы справиться с фальшивомонетчиками и создать практически безукоризненную валюту, потребовались усилия многих замечательных мыслителей.

Например, Исаак Ньютон, спустя много лет после того, как изобрел дифференциальное исчисление и сформулировал свою монументальную теорию тяготения, работал управляющим английского королевского монетного двора – этот пост он занимал в последние годы XVII века. Ньютон, которому было слегка за пятьдесят, просто хотел приобрести высокопоставленную, хорошо оплачиваемую государственную должность, но, следует признать,

---

[120] Тот факт, что соединения золота и теллура были впервые обнаружены в Колорадо, отразился на карте штата: там сохранился шахтерский городок под названием Теллурид.

не относился к этой работе как к синекуре. Деятельность фальшивомонетчиков – особенно обрезка монет путем стачивания их краев с последующим изготовлением самодельных денег из этих опилок – была неистребимой бедой в лондонских трущобах. Великому Ньютону пришлось ввязаться в борьбу со шпионами, маргиналами, пьянчугами и ворами – и он просто упивался этой борьбой. Ньютон, будучи ревностным христианином, преследовал всех преступников, которых ему удавалось разоблачить. Он делал это с гневом ветхозаветного Бога, отвергая все мольбы о пощаде. Ньютон даже жестоко расправился с одним печально известным, но изворотливым фальшивомонетчиком по имени Уильям Чалонер. Чалонер годами пытался скомпрометировать Ньютона, строча на него доносы о мошенничестве, и Ньютон добился, чтобы этого человека повесили и публично выпотрошили.

Весь срок пребывания Ньютона на должности смотрителя монетного двора прошел под знаком борьбы с фальшивомонетчиками, но вскоре после того, как великий ученый ушел в отставку, мировая финансовая система столкнулась уже с новыми угрозами, на этот раз связанными с подделкой бумажных денег. Монгольский хан Хубилай, в XIII веке правивший в Китае, ввел в обращение ассигнации. Сначала эта новинка быстро распространилась в Азии – не в последнюю очередь потому, что Хубилай приказал казнить всякого, кто откажется пользоваться такими деньгами, – но в Европе бумажные деньги еще долго оставались редкостью. Тем не менее к 1694 году, когда Банк Англии начал выпускать казначейские билеты, преимущества бумажной валюты стали очевидны для всех. Руды для изготовления монет были дорогими, сами монеты – неудобными, а основанные на звонкой монете капиталы слишком сильно зависели от неравномерно распределенных минеральных ресурсов. Кроме того, подделывать монеты было в целом проще, чем бумажные деньги, поскольку практические познания в области обработки металлов за прошедшие века распространились довольно широко. В настоящее время ситуация стала иной. Любой, у кого есть лазерный принтер, может отпечатать отличную двадцатидолларовую банкноту. Но знаете ли вы хоть одного человека, способного отчеканить достоверно выглядящий пятицентовик, даже если бы это было выгодным?

Если основанная на многообразии сплавов химия металлических монет в свое время привлекала мошенников, то в наш век бумажных денег уникальные химические свойства некоторых металлов, например европия, облегчают государствам борьбу с фальшивомонетчиками. Все дело в химии европия, особенно – в движении электронов внутри атомов этого металла.

До сих пор мы с вами говорили лишь об электронных связях, то есть о движении электронов между атомами. Но электроны постоянно вращаются и вокруг ядра своего родного атома, это движение часто сравнивают с вращением планет вокруг Солнца. Это довольно хорошая аналогия, но если воспринимать ее буквально, то в ней обнаруживается серьезный недостаток. Теоретически Земля могла оказаться на одной из многих орбит, расположенных вокруг Солнца. Электроны же не могут двигаться вокруг ядра по любому пути. Они находятся на электронных оболочках, имеющих различные энергетические уровни. Поскольку не существует промежуточных энергетических уровней – например, между первым и вторым или вторым и третьим, – орбиты электронов строго детерминированы. Они вращаются вокруг своего «Солнца» лишь на определенных расстояниях, их орбиты имеют вытянутые формы и расположены под странными углами. Кроме того, электрон, в отличие от планеты, может переходить с нижней низкоэнергетической орбиты на более верхнюю и высокоэнергетическую, если она свободна и если сам электрон находится в возбужденном состоянии (в которое он переходит под действием тепла или света). Электрон не может оставаться в высокоэнергетическом состоянии достаточно долго, поэтому вскоре он «падает» обратно вниз. Но это не простое движение «вперед-назад», так как электрон, опускающийся на более низкий энергетический уровень, излучает лишнюю энергию в виде света.

Цвет испускаемого света зависит от относительной высоты начального и конечного энергетических уровней, между которыми перемещается электрон. Переход между двумя близко расположенными уровнями (например, вторым и первым) дает низкоэнергетический красноватый свет, а более существенное падение – например, с пятого на второй уровень – сопровождается импульсом высокоэнергетического фиолетового света. Поскольку набор вариантов такого перехода у электрона ограничен целочисленными энергетическими уровнями, излучаемый при этом свет также не слишком разнообразен. Свет, испускаемый электронами в атомах, не похож, например, на свет электрической лампочки. Электроны дают свет очень чистых и четких цветов. Электронные оболочки в атомах химических элементов расположены на разных высотах, поэтому атом каждого элемента испускает свой характерный набор световых полос. Именно эти полосы Роберт Бунзен наблюдал через спектроскоп в пламени своей горелки. Позже, когда было установлено, что электроны могут перемещаться в атоме лишь на целое количество энергетических уровней и никогда не оказываются на «дробных» уровнях, этот факт стал основополагающим озарением в истории квантовой механики. Все странные выводы из области квантовой механики, о которых вам когда-либо доводилось слышать, прямо или косвенно следуют из этих дискретных переходов.

Европий может излучать свет по вышеописанному принципу, но не слишком хорошо: он и его братья-лантаноиды плохо поглощают тепло или свет (еще одна причина, по которой химикам так долго не удавалось идентифицировать эти металлы). Но свет – это универсальная химическая валюта, имеющая хождение в субатомном мире в очень разнообразных формах. Лантаноиды могут излучать свет особым способом, который не связан с обычной абсорбцией. Такое свечение называется флуоресценцией[121]. Многие люди сталкивались с флуоресценцией в прожекторах невидимого света или на психоделических плакатах. В излучении обычного видимого света участвуют лишь электроны, а флуоресцентный свет испускают целые молекулы. И в то время как электроны излучат именно такой свет, который поглотили, например, желтый на входе – значит, желтый и на выходе, флуоресцентные молекулы поглощают высокоэнергетический (ультрафиолетовый) свет, а испускают видимый свет с меньшим уровнем энергии. В зависимости от того, в составе какой молекулы находится атом европия, он может излучать красный, зеленый или синий свет.

Такое разнообразие представляет огромную проблему для фальшивомонетчиков и превращает европий в отличное средство для борьбы с ними. Действительно, Евросоюз использует этот элемент в составе чернил, которыми делаются надписи на банкнотах евро. При изготовлении чернил химики из казначейства Евросоюза начиняют красители ионами европия, которые прикрепляются к концу молекулы красителя. Точного состава этого красителя никто не знает, поскольку Евросоюз сделал эту информацию секретной. Законопослушным химикам остается лишь догадываться о его составе. Несмотря на такую скрытность, ученым известно, что молекула красителя состоит из двух фрагментов. Первый можно условно назвать «приемником» или «антенной» – он образует основную часть молекулы. Эта антенна «ловит» входящую световую энергию, которую европий не может абсорбировать, и преобразует ее в энергию колебаний, которую он способен поглощать. Вся эта энергия перераспределяется по молекуле вплоть до ее конца. Там находится атом европия, электроны которого под действием света переходят на один энергетический уровень вверх. Но непо-

[121] Здесь хотелось бы пояснить несколько широко распространенных терминов, которые часто путают. Люминесценция – это общее название всех явлений, связанных с поглощением и излучением света. Флуоресценция – это очень быстротечный процесс, описываемый в данной главе. Фосфоресценция напоминает флуоресценцию – в ней участвуют молекулы, поглощающие высокочастотный свет и излучающие низкочастотный. Но фосфоресцирующие молекулы накапливают энергию, как батарейки, и светятся еще довольно долго после того, как свет выключают. Очевидно, оба термина – флуоресценция и фосфоресценция – производим от названий элементов из периодической системы. Это соответственно фтор и фосфор – два наиболее важных элемента в тех молекулах, в которых химикам впервые удалось обнаружить эти явления.

средственно перед тем, как электроны осыпаются обратно и излучают свет, небольшое количество полученной ими энергии «отражается» обратно на антенну. С отдельными атомами европия такого бы не происходило, но ведь в этой молекуле есть массивный фрагмент, который «амортизирует» эту энергию и частично рассеивает ее. Из-за этой потери при возвращении электронов на обычный уровень излучается более низкоэнергетический свет.

Чем же на самом деле полезно такое смещение? Флуоресцирующие красители подобраны так, что в видимом свете европий кажется матовым, и это может усыпить внимание фальшивомонетчика, полагающего, что он в точности скопировал краситель. Но если пронести евробанкноту под специальным лазерным лучом, то лазер подсветит невидимые чернила. Сама бумага в этом лазере становится черной, но тонкие, произвольно расположенные волокна, начиненные европием, выступают на фоне бумаги как цветные созвездия. Контуры Европы, нанесенные на банкноту, сияют зеленым, как глаза пришельцев. Пастельный венец звезд приобретает красный или желтый ореол, а памятники, подписи и скрытые печати сияют васильковым. Банковские служащие отлавливают подделки, просто отбраковывая банкноты, на которых проявляются не все эти признаки.

Поэтому на каждой ассигнации фактически два рисунка: один мы видим днем, а второй, скрытый, вплетен в первую как вшитый код. Такой эффект крайне сложно воспроизвести без специального обучения, и красители на основе европия вместе с другими мерами безопасности делают евро самой хитроумно защищенной бумажной валютой из когда-либо существовавших. Разумеется, евробанкноты все равно кто-то пытается подделывать; пожалуй, эта беда неистребима до тех пор, пока не исчезнут наличные деньги. Но, если бы мы отметили в периодической системе все элементы, применявшиеся в борьбе против фальшивомонетчиков, европий был бы одним из самых драгоценных металлов.

Несмотря на постоянные попытки подделки денег, многие элементы использовались в качестве валюты на протяжении всей человеческой истории. Некоторые из них, например сурьма, оказались для этого неудобными. Другие элементы начинали играть роль денег в довольно мрачных обстоятельствах. Итальянский писатель и химик Примо Леви, работавший на лагерном химическом заводе в годы Второй мировой войны, стал воровать небольшие кусочки церия. При ударе церий легко высекает искру и является идеальной зажигалкой для сигарет. Леви отдавал эти кусочки свободным рабочим, меняя их на хлеб и суп. В концентрационный лагерь Леви попал довольно поздно, там чуть не умер от голода и начал свою меновую торговлю церием лишь в ноябре 1944 года. Позже он оценивал, что за эти импровизированные зажигалки он смог приобрести примерно двухмесячный паек, продлив себе жизнь до января 1945 года, когда узников лагеря освободили советские войска. Благодаря своим знаниям о церии он пережил Холокост и написал свою великолепную книгу «Периодическая система»[122].

Другие варианты использования элементов в качестве валюты кажутся менее прагматичными и более эксцентричными. Гленн Сиборг, увлеченный исследованиями тяжелых ядер, однажды предположил, что плутоний может стать новым золотом в финансовой системе мира, так как он незаменим в ядерной энергетике и военной промышленности. Вероятно, в насмешку над Сиборгом один писатель-фантаст предположил, что в условиях глобального капитализма удобнее всего чеканить монеты из радиоактивных отходов, поскольку такие деньги точно не будут задерживаться в карманах. И, конечно же, стоит случиться очередному экономическому кризису, как люди вновь заводят разговор о возвращении к золотому или серебряному стандарту. В большинстве стран бумажные ассигнации расценивались как эквивалент определенного количества золота или серебра, и любой мог обменять банкноты на драгоценный металл. Некоторые литературоведы считают, что в своей

---

[122] *Леви П.* Периодическая система. М.: Текст, 2008.

книге «Волшебник страны Оз», написанной в 1900 году, Лаймен Фрэнк Баум хотел подчеркнуть превосходство серебряного стандарта над золотым. Поэтому его героиня девочка Дороти носит серебряные, а не рубиновые туфельки и шагает ими по дороге из желтого кирпича к городу, зеленому, как американская валюта.

Пусть экономика на основе драгоценных металлов и кажется старомодной, ее сторонники в чем-то правы. Хотя металлы малоликвидны, рынки драгоценных металлов являются самыми стабильными и долгосрочными источниками богатства. Причем это касается далеко не только рынка золота или серебра. Из всех элементов, которые вы можете купить, самым дорогим является родий. Именно поэтому редакция Книги рекордов Гиннеса в 1979 году вручила бывшему музыканту группы «Битлз» Полу Маккартни родиевый диск – более драгоценный, чем платиновый. Таким образом, Маккартни был отмечен как самый коммерчески успешный музыкант всех времен и народов. Но никому не удавалось делать деньги из химического элемента так быстро и в таком количестве, как это сделал американский химик Чарльз Холл. Он воспользовался для этого алюминием.

С самого начала XIX века ряд блестящих химиков посвятили свою научную карьеру алюминию, и сейчас уже сложно судить, оправдан ли был такой выбор. Датский и немецкий химики почти одновременно выделили этот металл из глинозема около 1825 года[123]. Чистый алюминий красиво блестит, поэтому минералоги поначалу сочли его драгоценным металлом, подобным серебру или платине, и оценили в сотни долларов за унцию.

Двадцать лет спустя один француз нашел способ промышленной добычи алюминия и впервые вывел этот металл на рынок. За хорошие деньги. На тот момент алюминий все еще ценился дороже золота. Это объясняется тем, что алюминий, хотя и является самым распространенным металлом в земной коре – около восьми процентов по весу, запасы алюминия в сотни миллионов раз превышают запасы золота, но он никогда не встречается в чистом виде и не образует жил. Он всегда находится в соединениях с другими элементами, чаще всего с кислородом. Образцы чистого алюминия – настоящее чудо. Французы однажды выставили напоказ алюминий в слитках, сложив их, как золото в Форт-Ноксе[124], рядом с императорскими регалиями. Император Франции Наполеон III дорожил набором алюминиевых столовых приборов, которые предлагал самым почтенным гостям на банкетах. Менее привилегированные гости довольствовались золотыми ножами и вилками. Американские инженеры, работавшие на госслужбе, в 1884 году попытались подчеркнуть промышленные успехи государства. Для этого пирамида Монумента Вашингтона была увенчана трехкилограммовой пирамидой из алюминия. Историки свидетельствуют, что всего унция алюминиевых опилок, оставшихся после установки пирамиды, покрыла бы дневное жалованье каждого из воздвигавших ее рабочих.

---

[123] Датчанин Ганс Христиан Эрстед получил алюминий из глинозема в 1825 году, а немец Фридрих Вёлер – в 1827-м, воспользовавшись уже другой химической реакцией. – *Прим. пер.*

[124] Форт-Нокс – военная база, где хранится золотой запас США. – *Прим. пер.*



Одетые с иголочки инженеры чистят алюминиевую верхушку Монумента Вашингтона. В 1884 году правительство США решило увенчать обелиск алюминием, так как в те годы он считался самым дорогим (а значит, и самым шикарным) металлом в мире, гораздо ценнее золота. Фотография из архива Bettmann/Corbis

Алюминий около шестидесяти лет считался самым драгоценным металлом в мире, но эта эпоха бесславно завершилась по вине одного американского химика. Свойства металла – легкий, крепкий, красивый – привлекали промышленников, а благодаря повсеместному распространению в земной коре алюминий оказался способен однажды произвести революцию в металлургической промышленности. Люди были буквально одержимы алюминием, но никто не мог предложить способ эффективного получения алюминия из его соединений с кислородом. В те времена в Оберлинском колледже в штате Огайо работал профессор химии Фрэнк Фаннинг Джуитт. Он охотно потчевал своих студентов историями об алюминиевом Эльдорадо, ожидающем человека, который научится добывать этот элемент. И как минимум один из этих молодых людей оказался достаточно наивен, чтобы воспринимать рассказы преподавателя всерьез.

На склоне лет профессор Джуитт хвастался бывшим коллегам по колледжу, что его «величайшим открытием было открытие человека» – Чарльза Холла. Обучаясь на старших курсах в Оберлине, Холл работал с Джуиттом над получением алюминия. Он терпел неудачу за неудачей, но после каждого такого провала учился на своих ошибках. Наконец в 1886 году Холл пропустил электрический ток от самодельных аккумуляторов (высоковольтных проводов тогда еще не существовало) через раствор соединений алюминия. Электрическая энергия захватывала и высвобождала чистый металл, оседавший в виде миниатюрных серебристых «самородков» на дне сосуда. Процесс был прост и дешев, запустить его в огромных промышленных чанах было не сложнее, чем в лаборатории. Это была самая вожделенная

награда для химиков со времен философского камня, и Холл обрел ее. «Алюминиевому чудо-парню» было всего двадцать три года.

Тем не менее путь Холла к богатству оказался не так прост. Примерно в то же время французский химик Поль Эру предложил приблизительно такой же способ получения алюминия, как и Холл. В настоящее время Холл и Эру делят славу первооткрывателей, обрушивших алюминиевый рынок. В 1887 году еще один метод добычи алюминия открыл австрийский ученый, и Холл, подстегиваемый нарастающим соперничеством, быстро основал в Питтсбурге компанию «Алкоа» (Американская алюминиевая компания), вскоре ставшую одним из самых успешных предприятий в истории.

Производство алюминия в «Алкоа» росло экспоненциально. В первые месяцы работы в 1888 году в компании удавалось получать около 25 килограммов алюминия ежедневно; через двадцать лет для удовлетворения спроса приходилось поставлять по 45 тонн металла ежедневно. При таких темпах производства алюминий стремительно дешевел. За годы до рождения Холла достижение одного человека позволило снизить цену на алюминий с 550 до 18 долларов за фунт. Еще через пятьдесят лет, даже без поправки на инфляцию, компания Холла сбила цены до 25 центов за фунт. Такой стремительный рост производства был превзойден, пожалуй, лишь однажды за всю историю США – во время кремниевой полупроводниковой революции, которая произошла еще через восемьдесят лет[125]. Холл, подобно компьютерным магнатам наших дней, баснословно разбогател. К моменту своей смерти в 1914 году он владел акциями «Алкоа» на сумму около 30 миллионов долларов (около 650 миллионов долларов в пересчете на современные деньги)[126]. Благодаря Холлу, алюминий стал самым обыденным металлом, который все мы держали в руках. Из него делают банки для газировки, бейсбольные биты для мальчиков и корпуса самолетов. Кроме того, алюминиевая пирамида по-прежнему венчает Монумент Вашингтона, но сегодня это уже кажется некоторым анахронизмом. Думаю, только от вашего темперамента и вкусов зависит ваш ответ на вопрос, в каком качестве алюминий оказался лучше – как самый драгоценный или как самый полезный металл в мире.

В настоящее время этот металл почти во всем мире называется алюминием, но раньше существовал и иной вариант названия – алюмин. Эта орфографическая разница возникла именно из-за стремительного роста популярности алюминия. Когда в начале XIX века химики полемизировали об элементе № 13, они использовали оба варианта названия, но в итоге остановились на том, которое оканчивается на – ий. Кстати, подобные разночтения возникали и с другими элементами: барием, стронцием, магнием, натрием. Когда Чарльз Холл подавал свои патенты о промышленном получении металла при помощи электрического тока, он использовал оба варианта названия. Но, рекламируя свой блестящий металл, Холл вполне свободно употреблял и слово «алюмин». Сегодня до сих пор идут споры о том, было ли это умышленным рекламным ходом или счастливой ошибкой, вкравшейся в название при печати листовок, но Холл счел, что слово «алюмин» звучит очень хорошо. Он окончательно отказался от длинного варианта названия, так как в английском языке слово «aluminum» немного напоминает «platinum» (платина). Его металл так быстро приобрел популярность и огромное экономическое значение, что слово «алюмин» стало совершенно неотъемлемой частью американской культуры. Как и всегда в США, деньги решают все.

---

[125] Согласно закону Мура, количество вычислительных элементов на кристалле микросхемы удваивается раз в полтора года. Интересно отметить, что этот закон остается справедлив с конца 1960-х. Если бы этот закон действовал и в алюминиевой промышленности, через двадцать лет после основания компания «Алкоа» должна была бы производить 20 тонн металла ежедневно, а не 45. Итак, алюминий показал хорошие результаты, но не смог сравниться в успехе со своим соседом по периодической системе, кремнием.

[126] Существуют разные данные относительно величины капитала Чарльза Холла к моменту его смерти. 30 миллионов долларов – это максимальная оценка. Возможно, путаница возникла из-за того, что споры о наследстве Холла продолжались в течение еще четырнадцати лет после его смерти. Треть его состояния отошла Оберлинскому колледжу.

14. Художественные элементы

По мере того как наука усложнялась на протяжении всей своей истории, занятия ею становились все дороже. Деньги, большие деньги стали определять, будет ли развиваться наука и когда и как она будет развиваться. Уже в 1956 году немецко-английская романистка Сибил Бедфорд писала[127], что многие поколения людей успели пожить на Земле с тех пор, как «законы мироздания были такой проблемой, которой человек мог в свое удовольствие заниматься в мастерской, устроенной за конюшней».

Разумеется, очень немногие люди, в основном состоятельные землевладельцы, могли позволить себе такую маленькую мастерскую, где можно было заниматься наукой в те времена, о которых тосковала госпожа Бедфорд. Она имела в виду XVIII и XIX века. На самом деле, неслучайно, что именно представители привилегированных классов совершали такие открытия, как обнаружение новых элементов. Больше ни у кого не было свободного времени, чтобы спокойно сидеть и обсуждать, из чего состоят какие-то странные минеральные образцы.

Очень долго изучение элементов периодической системы оставалось уделом аристократов, их влияние легко угадает даже тот, кто едва разбирается в химии. Во всей Европе молодые состоятельные господа получали классическое образование, и названия многих элементов – церий, торий, прометий – отсылают нас к мифам. Самые причудливые названия, например празеодим, молибден или диспрозий, составлены из греческих и латинских корней. Так, «диспрозий» означает «маленький и прячущийся», поскольку его очень сложно отделить от близкородственных элементов. По схожим причинам празеодим получил название, означающее «зеленый близнец», – он находится рядом с неодимом, «новым близнецом». Названия двух благородных газов означают «скрытый» и «неактивный». Даже гордые французские господа, выбиравшие названия для открытых ими элементов в 1880-е годы, остановились не на «Франции» и «Париже», а на топонимах «Галлия» и «Лютеция» соответственно, словно хотели угодить Юлию Цезарю.

Все это сегодня кажется странным – ученые более усердно штудировали классические языки, чем естественные науки, – но на протяжении многих веков наука была не профессией, а любительским хобби[128], каким сейчас является, например, филателия. Наука еще не полу-

---

[127] Цитата из романа Бедфорд A Legacy («Наследство»).

[128] Если уж говорить о странных хобби, то в такой книге занятных историй, связанных с химическими элементами, я не могу обойти вниманием *следующую*. Речь пойдет об одной анаграмме, которая получила в мае 1999 года специальный приз на сайте Anagrammy.com. Насколько я могу судить, эта «дважды верная анаграмма» является орфографическим шедевром тысячелетия. Из английских названий тридцати элементов, попавших в первую группу, можно составить названия тридцати других элементов – также по-английски:Hydrogen (водород) + zirconium (цирконий) + tin (олово) + oxygen (кислород) + rhenium (рений) + platinum (платина) + tellurium (теллур) + terbium (тербий) + nobélium (нобелий) + chromium (хром) + iron (железо) + cobalt (кобальт) + carbon (углерод) + aluminum (алюминий) + ruthenium (рутений) + silicon (кремний) + ytterbium (иттербий) + hafnium (гафний) + sodium (натрий) + selenium (селен) + cerium (церий) + manganese (марганец) + osmium (осмий) + uranium (уран) + nickel (никель) + praseodymium (празеодим) + erbium (эрбий) + vanadium (ванадий) + thallium (таллий) + plutonium (плутоний)=Nitrogen (азот) + zinc (цинк) + rhodium (родий) + helium (гелий) + argon (аргон) + neptunium (нептуний) + beryllium (бериллий) + bromine (бром) + lutetium (лютеций) + boron (бор) + calcium (кальций) + thorium (торий) + niobium (ниобий) + lanthanum (лантан) + mercury (ртуть) + fluorine (фтор) + bismuth (висмут) + actinium (актиний) + silver (серебро) + cesium (цезий) + neodymium (неодим) + magnesium (магний) + xenon (ксенон) + samarium (самарий) + scandium (скандий) + europium (европий) + berkelium (берклий) + palladium (палладий) + antimony (сурьма) + thulium (тулий).Это очень интересно, хотя задача упрощается благодаря множеству названий элементов, оканчивающихся на – ий. Но самое поразительное, что если заменить названия всех этих элементов на их атомные номера, равенство сохраняется.1 + 40 + 50 + 8 + 75 + 78 + 52 + 65 + 102 + 24 + 26 + 27 + 6 + 13 + 44 + 14 + 70 + 72 + 11 + 34 + 58 + 25 + 76 + 92 + 28 + 59 + 68 + 23 + 81 + 94=7 + 30 + 45 + 2 + 18 + 93 + 4 + 35 + 71 + 5 + 20 + 90 + 41 + 57 + 80 + 9 + 83 + 89 + 47+ 55 + 60 + 12 + 54 + 62 + 21 + 63 + 97 + 46 + 51 + 69=1416Автор этой анаграммы Майк Кейт отмечает, что это творение, насколько ему известно, – «самая длинная дважды верная анаграмма из когда-либо составленных (как из названий химических элементов, так и из слов, относящихся к какому-либо другому множеству)».Здесь также хотелось бы упомянуть неподражаемую песню

чила математического оформления, порог был невысок, и благородный привилегированный господин, такой как Иоганн Вольфганг фон Гёте, вполне мог сказать свое слово в научных дискуссиях, даже не имея соответствующей квалификации.

Сегодня Гёте известен как поэт и писатель. Его творчество имеет такое жанровое разнообразие и отличается такой эмоциональной выразительностью, что критики сравнивают Гёте лишь с Шекспиром. Кроме литературного творчества, Гёте занимался государственной деятельностью, а также участвовал во всевозможных политических дискуссиях. Многие по-прежнему считают его величайшим представителем немецкого народа. Но я вынужден признаться, что мое первое впечатление о Гёте сложилось как о не совсем честном человеке.

Однажды летом в студенческие годы я работал в лаборатории у одного профессора, который хотя и был замечательным рассказчиком, но вечно забывал запастись самыми нужными вещами для экспериментов – например, проводами. Поэтому мне не раз приходилось бегать на факультетский хозяйственный склад на цокольный этаж и что-то там выпрашивать. Властителем этого подземелья был человек, говоривший по-немецки. Обычно он был небрит, имел вьющиеся волосы до плеч и такие огромные руки и могучий торс, что казался бы горой мускулов, если бы не был довольно маленького роста – примерно метр семьдесят. Всякий раз, когда я стучал в его дверь, мне было слегка не по себе. У меня никогда не хватало сил выдавить из себя что-нибудь внятное, когда он прищуривал глаза и уточнял (скорее с издевкой, чем с вопросом): «Чего?! У него нету коаксиального кабеля?»

Мои отношения с ним улучшились в следующем семестре, когда я записался на курс, где он вел часть лабораторных занятий. В перерывах нам с ним раз или два довелось поговорить о литературе. Однажды он упомянул Гёте – а я раньше не слышал об этом поэте. «Это немецкий Шекспир! – объяснил мне преподаватель. – Вся эта самодовольная немчура, вечно они его наизусть читают. Пакость. А потом говорят: “Вы что, не знаете Гёте???”»

Он читал Гёте в оригинале и нашел его весьма посредственным. Я был всё еще достаточно молод, чтобы верить любым пылким заверениям, и этот рассказ заставил меня усомниться в том, что Гёте был великим мыслителем. Много лет спустя, прочитав немало, я распробовал литературный талант Гёте. Но я вынужден согласиться с моим лабораторным наставником: в некоторых областях Гёте был отнюдь не выдающейся личностью. Будучи эпохальным автором, изменившим мир, Гёте не мог удержаться от того, чтобы высказать свое мнение и по некоторым философским, и по научным вопросам. Он делал это с неиссякаемым энтузиазмом дилетанта и поистине дилетантским пониманием затрагиваемых тем.

В конце XVIII века Гёте разработал теорию, объясняющую природу цвета, стремясь тем самым опровергнуть ньютоновскую оптику. Правда, теория Гёте основывалась в равной степени и на поэзии, и на науке. В частности, он выдвинул следующий экстравагантный тезис: «Цвета – это деяния света, деяния и страдательные состояния». Не хотелось бы впадать в позитивистскую критику, но это утверждение абсолютно бессмысленное. Кроме того, Гёте развивает в своем романе «Избирательное сродство» сомнительную идею о том, что браки подобны химическим реакциям. Так, если познакомить пару AB с парой CD, то они могут совершенно естественным образом совершить «химический адюльтер» и образовать две новые пары: AB + CD —» AD + BC. И это было не просто сравнение или метафора. Герои романа всерьез обсуждают алгебраические рекомбинации своих судеб. При том что у этого романа, бесспорно, есть свои достоинства (в особенности описание страсти), Гёте лучше было бы не внедрять свои фантазии в науку.

Тома Лерера The Elements («Элементы»). Он обработал мелодию выходной арии Генерал-Майора из комической оперы Гилберта и Салливана «Пейзанские пираты» и положил на нее названия всех химических элементов, которые он успевает проговорить всего за восемьдесят шесть секунд. Можете найти эту песенку на YouTube по запросу «There’s antimony, arsenic, aluminum, selenium».

Даже в «Фаусте» – величайшем произведении Гёте – содержатся избитые спекуляции на тему алхимии и, хуже того (алхимия хотя бы интересна), имеется бессмысленный сократический диалог между нептунистами и плутонистами[129] о формировании горных пород. Нептунисты, чью точку зрения разделял Гёте, считали, что горные породы постепенно оседают в океане (царстве бога Нептуна), выделяясь из морской воды; они были неправы. Плутонисты получили название в честь Плутона, древнеримского бога подземного мира. В «Фаусте» Гёте делает в их сторону достаточно грубый выпад, вкладывая их аргументы в уста самого Сатаны. Но плутонисты были правы, утверждая, что большинство минералов образуются в результате вулканической деятельности и под действием высоких подземных температур. Как обычно, Гёте выбрал не верную, но более эстетически привлекательную теорию. «Фауст» остается не менее мощным произведением о научной гордыне, чем «Франкенштейн». Но Гёте перевернулся бы в гробу, если бы узнал, что вскоре после его смерти 1832 году его наука и философия устареют и в памяти людей он останется исключительно как великий литератор.

Тем не менее Гёте смог сделать свой весомый вклад в науку вообще и в историю периодической системы в частности, оказав покровительство одному человеку. В 1809 году, занимая пост государственного министра, Гёте получил поручение подобрать профессора для химической кафедры в Йенском университете. Посоветовавшись с друзьями, Гёте прозорливо остановил свой выбор на тёзке – Иоганне Вольфганге Дёберейнере. Дёберейнер был провинциалом с плохим послужным списком и вдобавок не имел степени по химии. Он попробовал себя в химии уже после того, как успел поработать в аптекарском деле, текстильном производстве, сельском хозяйстве и пивоварении. Но, благодаря опыту работы в промышленности, Дёберейнер приобрел обширные практические навыки. Гёте, будучи благородным господином, такими умениями, конечно, не обладал, но очень восхищался ими в свой век революционных индустриальных достижений. Вскоре Гёте очень заинтересовался молодым ученым, и они провели вместе немало часов, обсуждая актуальные химические проблемы того времени: почему красная капуста окисляет серебряные ложечки, и какие ингредиенты входили в состав зубной пасты мадам де Помпадур. Но приятельские отношения не могли стереть принципиальные различия в интересах и образовании Гёте и Дёберейнера. Естественно, Гёте получил энциклопедическое классическое образование, и даже сегодня его прославляют (немного преувеличенно) как последнего человека, который знал всё. Действительно, в те времена, когда наука, искусство и философия значительно пересекались друг с другом, знать всё было вполне возможно. Кроме того, Гёте был настоящим космополитом и много путешествовал. Дёберейнер же на тот момент, когда получил в Йене академический пост, ни разу не бывал за пределами Германии. В те годы образ ученого гораздо больше соответствовал знатному интеллектуалу вроде Гёте, а не простолюдину, как младший Иоганн Вольфганг.

Характерно, что важнейший вклад Дёберейнера в науку был сделан благодаря стронцию – одному из тех немногочисленных элементов, чье название нисколько не связано ни с классической Грецией, ни даже с произведениями Овидия. Стронций впервые натолкнул ученых на мысль о том, что, возможно, существует какая-то система, отдаленно напоминающая периодическую таблицу. Стронций был открыт английским врачом, который обнаружил новый металл в 1790 году, работая в своей лаборатории в довольно злачном районе Лондона, недалеко от старинного шекспировского театра «Глобус». Врач назвал новый элемент в честь шотландского шахтерского поселка Строншиан, откуда он получил минералы для своих исследований. Дёберейнер продолжил эти исследования примерно через двадцать лет

[129] Плутонистов иногда называли вулканистами – в честь Вулкана, древнеримского бога подземного огня. Это прозвище намекает на то, что плутонисты подчеркивали роль вулканов в горообразовании.

после англичанина. Исследования Дёберейнера были посвящены поиску способов точного взвешивания элементов (обратите внимание на практическую пользу этой задачи), а стронций был одним из недавно открытых металлов, поэтому оказался непростым для изучения. Заручившись поддержкой Гёте, Дёберейнер принялся исследовать этот металл. Но чем точнее химик определял свойства стронция, тем заметнее становилась одна странная черта: вес стронция практически соответствовал «среднему значению» между весами кальция и бария. Более того, по своим химическим свойствам стронций напоминал одновременно и кальций, и барий. Казалось, что стронций является смесью двух элементов: более легкого и более тяжелого.

Заинтересовавшись этим явлением, Дёберейнер принялся тщательно взвешивать разные элементы, выискивая другие подобные «триады». Действительно, подобные закономерности прослеживались между хлором, бромом и йодом, серой, селеном и теллуром, а также в некоторых других комбинациях. В каждом случае вес второго элемента приходился примерно на среднее значение между весами его аналогов. Дёберейнер, убежденный, что такие совпадения неслучайны, принялся группировать эти элементы в колонки, которые напоминали фрагменты хорошо знакомых нам столбцов периодической системы. Действительно, те химики, которые разрабатывали первые варианты периодической системы пятьюдесятью годами позже, отталкивались от триад Дёберейнера[130].

Почему же после исследований Дёберейнера должно было пройти еще пятьдесят лет, прежде чем Менделеев создал периодическую систему? Дело в том, что работа с триадами пошла в неверном направлении. Химики (под влиянием христианства, алхимии и пифагорейского представления о том, что числа каким-то образом воплощают истинную метафизическую реальность) не стали разрабатывать универсальный способ организации материи на базе стронция и его соседей, а принялись искать триады повсюду, углубившись в тройственную нумерологию. Они вычисляли троицы элементов ради вычисления троиц и возводили в ранг святыни самые малоубедительные связи между элементами, позволявшие объединить их в триаду. Тем не менее благодаря Дёберейнеру стронций был первым элементом, который занял верное место в общей универсальной схеме элементов. И Дёберейнер никогда бы не обнаружил этих закономерностей без помощи Гёте, который сначала поверил ученому-химику, а потом и поддержал его.

Более того, Гёте смог показать себя еще более прозорливым гением, поддерживая Дёберейнера и дальше – до 1823 года, когда тот изобрел первый портативный светильник. В основе функционирования этой лампы лежит необычное свойство платины – этот металл может поглощать и удерживать значительное количество горючего водорода. В тот век, когда для отопления жилья и приготовления пищи по-прежнему применялся в основном открытый огонь, такая лампа казалась неописуемым экономическим благом. Благодаря этому прибору, названному, кстати «лампой Дёберейнера», его создатель стал не менее знаменит во всем мире, чем Гёте.

Итак, хотя Гёте и не совершил ничего примечательного в ходе своих научных занятий, его работы помогли распространить идею о том, что наука – благородное дело. Благодаря покровительству Гёте были сделаны первые шаги к созданию периодической системы элементов. Он заслуживает как минимум почетного упоминания в истории науки, и такое упоминание его бы, вероятно, удовлетворило. Говоря словами самого Гёте, который был выдающейся личностью (что бы ни говорил руководитель моей лабораторной практики), «История науки – это сама наука».

---

[130] Дёберейнер назвал свои группы элементов не триадами, а «сродствами», в рамках более обширной теории химического сродства. Именно этот термин употребил Гёте (часто посещавший лекции Дёберейнера в Йене) в названии своего романа «Избирательное сродство».

Гёте высоко ценил интеллектуальную красоту науки, а люди, испытывающие тягу к такой красоте, просто упиваются симметрией периодической системы с ее баховскими вариациями на тему. Но эта таблица обладает не только абстрактной красотой. Она вдохновляет искусство во всех его проявлениях. Золото, серебро и платина прекрасны сами по себе, а другие элементы, в частности висмут и кадмий, сияют яркими и сочными цветами в минералах и масляных красках. Элементы играют важную роль и в дизайне – создании красивых предметов для повседневного быта. Новые сплавы элементов могут отличаться такой удивительной прочностью и гибкостью, что дизайн превращается из функционального в феноменальный. Если добавить нужный элемент, то совершенно утилитарная вещь – скажем, перьевая авторучка – может, не побоюсь этого сказать, стать произведением искусства[131].

В конце 1920-х годов легендарный венгерский (позже – и американский) дизайнер Ласло Мохой-Надь предложил теоретическое обоснование различий между «объективным моральным устареванием» и «искусственным моральным устареванием». Вынужденное моральное устаревание – это нормальное явление в ходе технологического развития техники, основной поставщик экспонатов для истории вещей. Плуг уступает место жатке, мушкет – пулемету Гатлинга, долбленые деревянные лодки – стальным катерам. Напротив, искусственное моральное устаревание определяло развитие технологий в начале XX века и, по мнению Мохой-Надя, должно определять и в дальнейшем. Люди отказываются от тех или иных потребительских товаров не из-за того, что эти вещи безнадежно устарели, а потому, что сосед уже обзавелся новой, более красивой моделью. Мохой-Надь – художник и в определенном смысле философ дизайна – считал такое искусственное устаревание признаком вещизма, инфантильности и «морального разложения». И, как ни сложно в это поверить, обычная перьевая ручка когда-то казалась образцом ненасытной человеческой тяги к хоть чему-нибудь продвинутому и ультрасовременному.

Путь ручки, чем-то напоминающий путь кольца всевластья[132], начался в 1923 году с идеи одного человека. Двадцативосьмилетний Кеннет Паркер убедил руководителей семейного бизнеса вложить немалые средства компании в придуманную им новую вещицу – роскошную перьевую ручку «Дуофолд». Молодой человек выждал момент, когда мистер Паркер, его отец и главный директор фирмы, отправился в долгое морское путешествие вокруг Африки и Азии и не мог заблокировать его предложение. Через десять лет, в худшие времена Великой депрессии, Паркер вновь рискнул и выпустил на рынок новую высококлассную модель, ручку «Вакуматик». Всего пять лет спустя Кеннету Паркеру, который уже сам стал руководителем отцовской компании, не терпелось выпустить на рынок новую модель ручки. Он прочитал и усвоил работы Мохой-Надя о теории дизайна. Но идею искусственного устаревания он воспринял не как моральный упрек, а как истинный американец, увидел в ней призыв к действию: возможность сделать большие деньги. Если предложить людям купить что-то чуть более качественное, они это купят, даже не особенно нуждаясь в новой вещи. Именно по этой причине молодой магнат в 1941 году выпустил на рынок предмет под названием «Паркер 51» – величайшую перьевую ручку в истории. Номер модели соответ-

---

[131] Еще один дизайнерский шедевр, вдохновленный периодической системой, – это декоративный столик, выполненный в виде деревянной таблицы Менделеева. Его автором является Теодор Грей. На крышке стола имеется более ста ячеек, в которых Грей поместил образцы всех существующих элементов, в том числе из тех, что синтезированы искусственно. Разумеется, некоторые элементы представлены там в микроскопических количествах. Содержащиеся на столике образцы франция и астата, самых редких элементов, – это, на самом деле, кусочки урана. Но Грей утверждает, что в этих кусочках наряду с ураном наверняка присутствует некоторое количество этих исключительно редких атомов. Это основательное и честное утверждение, учитывая, какие ничтожные объемы франция и астата были получены учеными. Кроме того, поскольку большинство элементов таблицы – это серебристо-серые металлы, их все равно очень сложно отличить друг от друга.

[132] Кольцо всевластья – волшебный артефакт из книги Толкиена «Властелин колец». Многие герои книги испытывали непреодолимое и разлагающее желание обладать кольцом. – *Прим. пер.*

ствовал количеству лет, проведенному компанией «Паркер» на рынке к 1941 году, когда этот чудесный и совершенно ненужный товар появился на прилавках магазинов.

Эта ручка была воплощением изящества. Колпачки ручек были покрыты золотом или хромом, зажим на колпачке был выполнен в виде оперенной золотой стрелки. Сама ручка была притягательно плотной и сама просилась в руку, как сигарилла. Ручки были окрашены в аристократические тона – голубой кедр, нассаусский зеленый, какао, слива и яростный красный. Кончик ручки, выкрашенный в индийский черный, похожий на головку застенчивой черепахи, постепенно сужается к красивому «рту», выдержанному в каллиграфическом стиле. А из этого рта высовывается, словно язык, миниатюрное золотистое перо, из которого выделяются чернила. Внутри этого изысканного корпуса использовалась недавно запатентованная пластмасса, называемая «люцит», и только что запатентованная система цилиндров для подачи недавно запатентованных чернил. Эти чернила впервые в истории письма высыхали, не испаряясь с поверхности листа, а проникали в бумажные волокна – практически мгновенно. Даже способ надевания колпачка на ручку был закреплен в двух патентах. Инженеры Паркера были настоящими мастерами своего дела.



Ценители часто называют «Паркер 51» величайшей ручкой в истории – равно как и одним из самых изысканных дизайнерских решений в материальной культуре. Кончик ручки изготовлен из редкого и износоустойчивого элемента рутения (Джим Мамулидес, www.penhero.com)

Единственной недоработкой в этой прекрасной ручке оказался кончик пера – та часть, которая, собственно, касалась бумаги. Кончик был изготовлен из золота, а золото – мягкий металл, который легко деформируется при письме под действием трения. Сначала Паркер покрывал кончик пера осмиридием – сплавом осмия и иридия. Два этих металла оказались достаточно твердыми, но очень редкими и дорогими – кроме того, импортировать их было крайне сложно. Резкий дефицит или внезапный скачок цен могли поставить крест на всем предприятии. Паркер нанял специалиста по металлургии из Йельского университета, чтобы найти замену этому сплаву. В течение года компания подготовила новый патент на рутени-

евый наконечник – до тех пор рутений практически не находил применения. Но теперь кончик пера наконец был доведен до совершенства в унисон всей модели. С 1944 года все ручки «Паркер 51» стали оснащаться рутениевыми кончиками перьев[133].

Честно говоря, при всем своем инженерном совершенстве ручка «Паркер» едва ли значительно превосходила другие перьевые ручки по основному функциональному показателю – нанесению чернил на бумагу. Но, как верно предсказал дизайнерский пророк Мохой-Надь, мода восторжествовала над практикой. В своей рекламе компания убеждала клиентов, что этот новый кончик пера является апофеозом в истории изготовления пишущих инструментов, и люди легко расставались со старыми моделями ручек, приобретая новую. Модель 51 – «самая вожделенная ручка в мире» – стала символом достатка, единственным инструментом, которым стильные банкиры, биржевики и политики могли подписывать чеки, квитанции и карточки с очками спортсменов в соревнованиях по гольфу. Даже генералы Дуайт Эйзенхауэр и Дуглас Макартур пользовались именно «Паркерами 51», подписывая исторические документы, завершившие вторую мировую Войну в Европе и на Тихом океане в 1945 году. При такой всемирной известности и на волне оптимизма, захлестнувшей послевоенный мир, продажи ручек подскочили с 440 тысяч в 1944 году до 2,1 миллиона в 1947 году. Впечатляющее достижение, учитывая, что в тот период стоимость «Модели 51» возросла с 12,5 до 50 долларов (со 100 до 400 долларов в пересчете на современные деньги). Поскольку резервуар с чернилами можно было заправлять сколько угодно раз, а крепкий рутениевый наконечник практически не изнашивался, такую ручку практически не требовалось менять.

Даже Мохой-Надь (возможно, несколько удрученный тем, как быстро его теории оказались восприняты маркетингом) не мог не присвистнуть от восторга при виде модели 51. То, как она лежит в руке, как выглядит и как мягко наносит чернила на бумагу, – все это восхитило Мохой-Надя, он назвал эту ручку совершенным образцом дизайна. Он даже консультировал фирму «Паркер», начиная с 1944 года. После этого десятилетиями ходили слухи о том, что ручку «Паркер 51» разработал сам Мохой-Надь. Фирма «Паркер» продолжала продавать различные модели этой ручки вплоть до 1972 года. Пусть она и была примерно вдвое дороже, чем продукция самых серьезных конкурентов, все ручки данной модели были распроданы, принеся своим создателям более 400 миллионов долларов прибыли (в пересчете на нынешние деньги – несколько миллиардов долларов).

Неудивительно, что вскоре после прекращения выпуска модели «Паркер 51» рынок элитных ручек стал разваливаться. Причина этого очевидна: «Паркер 51» стала лучшей из лучших, так как люди поверили, что по сравнению с ней все остальные ручки являются второсортными. Но постепенно технологический прогресс привел и к естественному моральному устареванию перьевых ручек, на смену которым стали приходить, например, пишущие машинки. Но с этой сменой технологий связана еще одна интересная история, которая начинается с Марка Твена и возвращает нас обратно к периодической системе.

Марк Твен, впервые увидевший пишущую машинку в действии в 1874 году, собрал практически все имевшиеся у него деньги и, несмотря на мировую экономическую депрессию, купил себе этот прибор за невообразимую цену в 125 долларов (2400 долларов в пересчете на современные цены). Менее через неделю он стал писать на ней письма заглавными буквами (строчных букв на пишущих машинках еще не было), о том, как ему хотелось бы

---

[133] О металлургических тонкостях ручки «Паркер 51» можно прочитать в статье Who Was This Man? Дэниэла Эй. Зезоува и Л. Майкла Фультца, вышедшей в осеннем выпуске *Pennant* – официального издания Американского союза коллекционеров ручек – за 2000 год. Статья – великолепный образец истории об увлеченном любителе, о том, как сохранился мрачный, но чарующий эпизод американской истории. Другие интересные ресурсы о ручках «Паркер» – сайты Parker51.com и Vintagepens.com.На самом деле, знаменитый наконечник ручки «Паркер» на 96 % состоял из рутения и на 4 % – из иридия. В рекламе новой ручки фирма «Паркер» утверждала, что наконечник изготовлен из сверхпрочного сплава «платения» – вероятно, чтобы дезориентировать конкурентов и создать видимость того, что ключом к успеху была дорогостоящая платина.

избавиться от этой штуки. «ОТ НЕЕ ОДНА ТОЛЬКО ГОЛОВНАЯ БОЛЬ», – сетовал он. Иногда сложно понять, действительно ли Твен жаловался искренне, или же все дело было в его привычке побрюзжать. Возможно, он и преувеличивал. Но уже в 1875 году он расстался с пишущей машинкой и решил вместо этого заняться рекламой новых перьевых ручек двух компаний. Его тяга к дорогим перьевым ручкам никогда не ослабевала, даже если писать таким пером можно было, только чертыхаясь. Конечно, до «Паркер 51» тем моделям было далеко.

Тем не менее вряд ли кто-либо поспособствовал окончательной победе пишущих машинок над элитными перьевыми ручками больше, чем Марк Твен. В 1883 году он сдал в издательство первую рукопись, набранную на машинке, – текст романа «Жизнь на Миссисипи». Писатель диктовал роман машинистке, а не набирал сам. А когда компания «Ремингтон», занимавшаяся производством пишущих машинок, попросила Марка Твена прорекламировать эту продукцию (нехотя Твен все-таки купил вторую машинку), он отверг это предложение в довольно грубом письме, которое компания «Ремингтон» напечатала – и не ошиблась[134]. Даже простое свидетельство того, что у Марка Твена, самого знаменитого американца своего времени, есть пишущая машинка, оказалось прекрасной рекламой этого устройства.

Все эти истории о том, как Твен клял перьевые ручки, которые обожал, и пользовался ненавистными пишущими машинками, подчеркивают, насколько противоречивым человеком он был. Вероятно, Марк Твен являлся полной противоположностью Гёте в литературном плане. Но этот популярный и демократичный писатель разделял двойственное отношение Гёте к технологии. Марк Твен даже не пытался заниматься наукой, но его, как и Гёте, очень увлекали научные открытия. В то же время Твен сомневался, что *Homo sapiens* достаточно разумен, чтобы уметь пользоваться техникой. Гёте воплотил эти сомнения в своем «Фаусте». А Марк Твен писал произведения, которые сегодня вполне могут считаться научной фантастикой. Наряду с широко известными беллетристическими лоцманскими романами он писал и короткие рассказы об изобретениях, технике, путешествиях во времени, работал в жанре антиутопии, а в поразительном произведении «Сделка с Сатаной» даже затронул темные стороны периодической системы.

Эта история длиной всего две тысячи слов начинается с гипотетического обвала акций сталелитейных компаний около 1904 года. Рассказчик, которому надоело нуждаться в деньгах, решает продать свою бессмертную душу. Чтобы обсудить сделку, они с Сатаной встречаются в полночь в каком-то темном баре, пьют горячий пунш и обсуждают ту удручающе низкую цену, по которой сейчас идут человеческие души. Но достаточно

скоро рассказчик обращает внимание на удивительную анатомическую особенность Сатаны – оказывается, тот целиком состоит из радия.

За шесть лет до выхода этого рассказа Мария Кюри поразила научный мир своими рассказами о радиоактивных элементах. Все ее сведения были верными, и Марк Твен, вероятно, очень внимательно следил за научными новинками, учитывая, какие малоизвестные научные факты он вплел в свое повествование. Из-за радиоактивности радия воздух вокруг металла электризуется, поэтому Сатана сияет люминесцентным зеленым, и рассказчик находит это красивым. Кроме того, радий всегда теплее, чем окружающие его породы, так как он разогревается под действием собственного излучения. Эта температура экспоненциально

---

[134] Текст письма Твена, направленного в «Ремингтон» (которое было опубликовано дословно), таков: «ДЖЕНТЛЬМЕНЫ: Пожалуйста, не используйте мое имя каким-либо образом. Даже не разглашайте того факта, что у меня есть эта вещь. Я совершенно перестал пользоваться пишущей машинкой по той простой причине, что не могу написать на ней никому ни единого письма – ведь в ответ меня обязательно попросят не только описать эту машину, но и рассказать, каких успехов я добился в ее использовании и пр. и пр. Мне не нравится писать письма, поэтому я и не хочу, чтобы люди знали, что у меня есть эта игрушка, возбуждающая всеобщее любопытство. Искренне ваш, Сэмюэл Л. Клеменс».

возрастает по мере того, как концентрация радия в образце увеличивается. В результате Сатана у Твена ростом шесть футов один дюйм и весом девятьсот с лишним фунтов достаточно горяч, чтобы зажечь сигару прикосновением пальца. Правда, он оговаривается, что хотел бы сохранить эту сигару для Вольтера. Услышав это, рассказчик предлагает собеседнику еще пятьдесят сигар, чтобы тот раздал их другим великим умершим, в частности Гёте.

Далее в рассказе подробно обсуждается очистка радиоактивных металлов. Этот рассказ, конечно, не является шедевром, но, как лучшие образцы научной фантастики, он довольно прозорлив. Чтобы Сатана не сжигал людей, мимо которых он проходит, его кожа покрыта полонием – еще одним новым элементом, открытым Кюри. С научной точки зрения это чепуха: «прозрачная» полониевая оболочка, «тонкая, как желатиновая пленка», никогда не нейтрализовала бы жар, исходящий от критической массы радия. Но мы простим Твену эту неточность, поскольку полоний здесь лишь придает истории дополнительный драматизм. Сатана может угрожать: «Если я сброшу с себя верхний покров, Земля, охваченная дымом и пламенем, обратится в пепел, а от Луны останутся только хлопья, которые рассеются по всей Вселенной».

Твен не был бы Твеном, если бы позволил Сатане выйти из этой истории победителем. Радиевая плоть Сатаны разогревается так сильно, что он вскоре признаётся с нечаянной иронией: «Внутренности мои пожирает огонь, я страдаю невыносимо». Но шутки в сторону – уже в 1904 году Марк Твен опасался страшной силы ядерной энергии. Если бы он прожил еще полвека, то, несомненно, лишь покачал бы головой – удрученный, но едва ли удивленный, – видя, как люди стремятся создать ракеты с ядерными боеголовками, а не мирную атомную энергию. В отличие от экскурсов Гёте в точные науки, научно-фантастические рассказы Марка Твена и сегодня остаются довольно поучительными.

Твен исследовал нижнюю часть периодической системы и испытал разочарование. Но из всех историй о творческих личностях и химических элементах ни одна не кажется более грустной, жесткой и поистине фаустовской, чем приключение поэта Роберта Лоуэлла с одним из элементов с самой верхушки периодической системы – литием.

В начале 1930-х, когда Лоуэлл и его сверстники были еще подростками и учились в частной подготовительной школе, одноклассники прозвали Роберта «Кэлом». Это слово было сокращением от «Калибан» – так звали воющего человекозверя из шекспировской пьесы «Буря». Другие утверждают, что это слово происходит от имени Калигула. В любом случае, кличка подходила поэту, творившему в исповедальном жанре и являвшему собой образец сумасбродного художника. Людьми такого склада были, например, Ван Гог и По, чья гениальность проистекает из той части души, которая остается недоступной для большинства из нас, неспособных к художественному творчеству. К сожалению, Лоуэлл не мог обуздать свое безумие где-либо кроме поэтических произведений, он был лунатиком в реальной жизни. Однажды он заявился на порог к другу и стал бессвязно бормотать, что он (Лоуэлл) является Девой Марией. В другой раз, будучи в городе Блумингтон, штат Индиана, Лоуэлл убедил себя в том, что может останавливать машины на шоссе, простирая руки, как Иисус Христос. Лоуэлл читал лекции, на которых целые часы тратил на бессмысленную болтовню, либо переделывал стихи оторопевших студентов в старомодном стиле Теннисона и Мильтона. В возрасте девятнадцати лет он порвал с возлюбленной и отправился из Бостона в сельский дом в Теннеси – там жил один поэт, которого Лоуэлл мечтал видеть своим наставником. Поэт вежливо объяснил, что он, так сказать, не сдает комнат, и пошутил, что, если Лоуэлл так хочет, он мог бы обосноваться у него на лужайке. Лоуэлл кивнул и уехал – в магазин «Сирс»[135]. Там он приобрел походную палатку и вернулся к гостеприимному хозяину, собираясь жить у него во дворе.

---

[135] Американская торговая сеть, существующая с конца XIX века. – *Прим. пер.*

Литературную общественность забавляли эти истории, в 1950-е и 1960-е годы Лоуэлл был самым знаменитым поэтом в США, получал премии и продавал многотысячные тиражи своих произведений. Все полагали, что психические отклонения Лоуэлла – след от прикосновения какой-то безумной божественной музы. Фармацевтическая психология – научная дисциплина, только формировавшаяся в те годы, – могла предложить иное объяснение. В организме Кэла произошел химический дисбаланс, из-за которого у поэта развился маниакально-депрессивный синдром. Общественность видела только сумасбродного человека, а не подтачивающие его мрачные переживания, которые сделали его душевнобольным и все более явственно подталкивали к банкротству. К счастью, в 1967 году в США появился первый действенный препарат-нормотимик (эмоциональный стабилизатор) на основе лития. Отчаявшийся Лоуэлл, которого незадолго до этого упекли в психиатрическую лечебницу (где врачи отобрали у него ремень и шнурки), согласился лечиться.

Любопытно, но при всем своем лечебном потенциале литий не играет в организме никакой биологической роли. Он не является ни жизненно важным минеральным веществом, в отличие от железа или магния, ни даже микроэлементом вроде хрома. На самом деле, чистый литий – невероятно активный металл. Рассказывают, что иногда у людей на хлопчатобумажной одежде загорались карманы, когда возникало короткое замыкание между лежащими в них литиевыми батарейками и ключами или монетами. Это могло произойти прямо на улице. Литий, применяемый в фармацевтических целях (в виде соли, карбоната лития), также ведет себя не совсем как обычное лекарство. Так, подхватив инфекцию, мы принимаем антибиотики, чтобы уничтожить размножившихся микробов. Если принять литий на пике мании или в самой глубокой депрессии, он не прекратит текущий эпизод, а лишь не позволит начаться следующему. И хотя ученым было известно о подобной эффективности лития еще в 1886 году, до самого недавнего времени никто не понимал, как именно работает этот препарат.

Литий, проникая в мозг, влияет на многие содержащиеся там психотропные вещества, и его воздействие довольно сложное. Самое интересное заключается в том, что литий, по-видимому, нарушает у человека суточные биоритмы, другими словами – обнуляет наши внутренние часы. Настроение здорового человека регулируется внешними факторами, в особенности солнечным светом. Мы существуем в соответствии с двадцатичетырехчасовым циклом. Люди с биполярным расстройством переживают такие циклы независимо от действия Солнца. Когда они чувствуют себя хорошо, мозг заливает их «солнечными» нейростимуляторами, а недостаток солнечного света не выключает этот «кран». Иногда такое состояние называют «патологическим энтузиазмом». Страдающие им люди практически не хотят спать, а их самоуверенность достигает таких масштабов, при которых наш бостонский знакомый из XX века мог быть вполне уверен, что Святой Дух избрал его новым воплощением Иисуса Христа. В конце концов такие приступы истощают мозг, люди ломаются. Больные, страдающие тяжелой маниакальной депрессией, находящиеся во власти глубокой тоски, иногда не встают с постели неделями.

Литий влияет на выработку белков, регулирующих внутренние часы организма. Как ни странно, эти часы спрятаны в ДНК, внутри особых нейронов, находящихся глубоко в мозгу. Особые белки каждое утро прикрепляются к человеческой ДНК, а по прошествии определенного времени отделяются и распадаются. Солнечный свет возобновляет запас этих белков, поэтому в солнечные дни они присутствуют в организме гораздо дольше. На самом деле, эти белки окончательно распадаются лишь с наступлением темноты. Темнота является для мозга сигналом, по которому он должен заметить «голую» ДНК и прекратить синтезировать стимуляторы. У больных маниакально-депрессивным синдромом этот процесс сбивается, так как упомянутые белки, несмотря на уменьшение интенсивности солнечного света, остаются прикрепленными к ДНК. Мозг больного «не осознаёт», что уже пора отдыхать.

Литий помогает отцеплять эти белки от ДНК, поэтому человек может успокоиться. Обратите внимание: днем солнечный свет все-таки оказывается сильнее лития и подавляет его действие. Лишь когда вечереет, литий помогает ДНК высвободиться. Таким образом, литий – это далеко не «солнечный свет в таблетке» а, скорее, «антисвет». С нейрофизиологической точки зрения литий подавляет солнечный свет и возвращает суточные часы к двадцатичетырехчасовому циклу. Так лекарство одновременно препятствует нарастанию нового маниакального эпизода и удерживает человека от депрессии.

Лечение литием сразу же помогло Лоуэллу. Его личная жизнь потекла ровнее (хотя о полном успокоении речи не было), и в какой-то момент он объявил, что выздоровел. В этом новом для себя состоянии он мог оценить, как сильно отравлял жизнь окружающим своими выходками: драками, попойками и разводами. Поэзия Лоуэлла полна честных и искренних строк, но Лоуэлл не написал ничего более проникновенного, чем жалоба издателю, Роберту Жиру. Он сделал это, как только врачи стали давать ему литий. Пожалуй, это самые трогательные слова, которые были сказаны о хрупкой химии человеческого организма:

«Страшно подумать, Боб, – писал Лоуэлл, – что все те страдания, которые я пережил и которые причинил другим, случились из-за того, что у меня в мозгу не хватало какой-то соли».

Жизнь Лоуэлла после перехода на литиевые препараты улучшилась, но влияние лечения на его искусство неоднозначно. Как и Лоуэлл, большинство творческих людей считают, что при переходе от маниакально-депрессивного синдрома к приглушенному и прозаическому суточному ритму они могут работать продуктивнее, не страдая от мании и не тратя время впустую в период депрессии. Но всегда велись споры о том, не ухудшается ли после такого «лечения» качество их творчества, коль скоро они теряют доступ в ту часть души, куда большинство из нас не в состоянии даже заглянуть.

Многие художники сообщают, что после приема лития чувствуют притупление и усмирение своего таланта. Один из друзей Лоуэлла отмечал, что тот чем-то напоминал животное, которое везут по зоопарку. И поэзия Лоуэлла после 1967 года, безусловно, изменилась, она стала более грубой и подчеркнуто более непричесанной. Кроме того, выздоровевший поэт перестал рождать строки в своем буйном разуме, а принялся воровать их из частных писем, приводя в ярость людей, которых цитировал. Лоуэлл все же получил в 1974 году Пулитцеровскую премию, но все-таки его поэтический талант не выдержал лечения. Сегодня Лоуэлла почти не читают, особенно это заметно в сравнении с популярностью, которую ему принесли полные жизни ранние работы. Конечно, периодическая система не раз вдохновляла Гёте, Твена и других авторов, но лишь литий, возможно, оказался таким элементом, который излечивает, но подавляет художественные способности. Из сумасшедшего гения литий может сделать обычного человека.

15. Элементы безумия

Роберт Лоуэлл является типичным представителем тех людей, кого называют «сумасшедшими художниками». Но в нашей коллективной психологии встречается и другая разновидность подобного расстройства: сумасшедший ученый. Сумасшедшие ученые, участвовавшие в становлении периодической системы, обычно не вызывали такого сильного общественного резонанса, как безумные люди искусства. Большинство из них вели совершенно непримечательную личную жизнь. Их душевные болезни были не такими яркими, а ошибки – типичны для такой разновидности безумия, которая иногда именуется «патологической наукой»[136]. Самое интересное заключается в том, как такое болезненное помешательство может существовать в голове человека наряду с замечательным разумом.

В отличие от большинства других ученых, упомянутых в этой книге, Уильям Крукс, родившийся в Лондоне в 1832 году в семье портного, никогда не работал в университете. Он был первым из шестнадцати детей, а позже сам стал отцом десятерых отпрысков. Чтобы прокормить семью, он написал научно-популярную книгу об алмазах, а также занимался редактированием безапелляционного и довольно легкомысленного научно-популярного журнала, который назывался «Новости химии». Тем не менее Крукс – бородатый человек с острыми усами, всегда носивший очки, – выполнил несколько первоклассных научных

исследований с такими элементами, как селен и таллий, и был избран в члены самого престижного английского научного клуба – Королевского общества. В ту пору Круксу был всего 31 год, а через десять лет его чуть было не вышвырнули оттуда.

Закат Крукса начался в 1867 году, когда его брат Филипп погиб в море[137]. Несмотря на то что они выросли в большой семье, а возможно, как раз поэтому Уильям и другие Круксы чуть с ума не сошли от горя. В те годы движение спиритизма, завезенное из Америки, укоренилось в Англии повсюду, от домов аристократов до рыночных лавок. Даже такой человек, как сэр Артур Конан Дойл, выдумавший гиперрационального сыщика Шерлока Холмса, оказался способен уделить уголок своего обширного разума и спиритизму как совершенно достоверному учению. Клан Круксов, детей своего времени, состоял в основном из торговцев, лишенных не только образования, но и научного чутья. Вся большая семья стала посещать массовые спиритические сеансы, чтобы успокоиться и пообщаться с несчастным покойным Филиппом.

Однажды вечером Уильям также составил компанию родным. Возможно, из солидарности. Может быть, потому что еще один его брат был помощником медиума. Возможно, чтобы убедить всех, что не стоит больше ходить на такие сборища – в своем личном дневнике Крукс отвергал возможность «спиритического контакта», считая сеанс лишь помпезным мошенничеством. Но, когда скептически настроенный Уильям увидел, как медиум играет на аккордеоне без рук и пишет «автоматические сообщения» в стиле говорящей доски (стилу-

---

[136] Термин «патологическая наука» придумал химик Ирвинг Ленгмюр, прочитавший лекцию об этом явлении в 1950-е годы. Два интересных факта о Ленгмюре: он был тем самым молодым и талантливым коллегой Гилберта Льюиса, что не только получил Нобелевскую премию, на которую рассчитывал Льюис, но и непочтительно говорил с Льюисом за обедом, возможно, подтолкнув того к самоубийству (см. главу 1). В более зрелом возрасте Ленгмюр крайне увлекался идеей об управлении погодой путем посева облаков. Он настолько спутанно представлял себе этот процесс, что сам чуть было не скатился в патологическую науку. Что ж, даже лучшие из лучших от этого не застрахованы.В этой главе я несколько вольно трактовал ленгмюровское определение патологической науки, так как авторское определение этого феномена довольно узкое и формальное. Еще одну попытку дать дефиницию патологической науке сделал Дени Руссо, автор замечательной статьи Case Studies in Pathological Science, подготовленной для журнала *American Scientist* в 1992 году. Тем не менее я отклоняюсь и от формулировки Руссо, чтобы учесть и такие науки, как палеонтология, которая не так сильно опирается на точные данные, как другие, более известные варианты патологической науки.

[137] Филипп Крукс, брат Уильяма, погиб на судне, команда которого прокладывала один из первых трансатлантических телеграфных кабелей.

сом на дощечке), ученый усомнился в себе. Его защитный барьер понизился, а когда медиум начал транслировать спутанные замогильные сообщения от Филиппа, Уильям зарыдал. Он стал ходить на все сеансы и даже сконструировал специальный прибор, помогавший отслеживать шелест блуждающих духов в освещенной свечами комнате. Сложно сказать, позволил ли этот новый радиометр – стеклянная вакуумная колба, внутри которой находился очень чувствительный флюгерок, – обнаружить Филиппа. Мы можем только гадать. Но Уильяма не оставляли те чувства, которые он испытывал, держа за руки родных на этих собраниях. В конце концов он стал ходить туда регулярно.

Из-за таких пристрастий Крукс оказался в меньшинстве среди своих коллег-рационалистов из Королевского общества – возможно, в абсолютном меньшинстве. Понимая это, Крукс в 1870 году попытался замаскировать свое пристрастие, объявив коллегам, что выполнял научное исследование спиритизма. Большинству членов общества это понравилось – они ожидали, что он разоблачит всю эту ересь в своем остром журнале. Но вышло совсем наоборот. Имея за плечами три года ритуальных песнопений и вызывания духов, Крукс опубликовал «Заметки об исследовании феномена, именуемого спиритуализмом» в принадлежавшем ему периодическом издании *Quarterly Journal of Science.* Он сравнил себя с путешественником в экзотические страны, Марко Поло паранормального мира. Но вместо того, чтобы обрушиться с критикой на всю спиритическую чепуху – «левитацию», «фантомов», «таинственные стуки», «сияющие явления», «отрыв столов и стульев от земли», – автор заключил, что ни шарлатанство, ни массовый гипноз не могут объяснить (по крайней мере, *полностью)* все, что он видел. Это не было рекламой спиритизма, но Крукс утверждал, что обнаружил «следы» реально существующих сверхъестественных сил[138].

Даже столь сдержанная поддержка спиритизма, высказанная Круксом, поразила всех жителей Англии, включая самих спиритуалистов. Быстро опомнившись, они начали петь Круксу осанну. Даже сегодня немногочисленные охотники за привидениями ссылаются на его давно устаревшую статью как на «доказательство» того, что даже самые умные люди могут приобщиться к спиритизму, если воспримут его непредвзято. Коллеги Крукса по Королевскому обществу были не менее поражены, но это было удивление с примесью ужаса. Они доказывали, что Крукс обманут дешевыми трюками, поддался влиянию толпы и введен в заблуждение харизматичными гуру. Они также подвергли уничтожающей критике те сомнительные околонаучные спекуляции, которыми Крукс приправил свою работу. Так, Крукс записал абсолютно бессмысленные «данные» о температуре и атмосферном давлении в комнате медиума, полагая, что нематериальные существа не явились бы медиуму в «плохих метеоусловиях». Хуже того, бывшие друзья перешли на личные выпады против Крукса, называя его деревенщиной и подсадной уткой. Если спиритуалисты иногда цитируют Крукса и сегодня, то некоторые ученые до сих пор не могут простить ему стотридцатипятилетнюю истерию, которую он спровоцировал. Они даже приводят цитаты из его исследований химических элементов в качестве доказательства нарастающего сумасшествия автора.

Видите ли, в молодости Крукс одним из первых начал исследовать селен. Хотя селен и является важнейшим микроэлементом в организме всех животных (снижение уровня селена в крови у больных СПИДом является верным предвестником скорой смерти), в больших дозах он токсичен. Американские фермеры хорошо об этом знают. Если плохо присматривать за крупным рогатым скотом, пасущиеся в прерии животные могут съесть слишком много астрагала – растения из семейства бобовых. Некоторые виды астрагала впитывают

---

[138] Уильям Крукс имел мистические, пантеистические, спинозов-ские представления о природе, в рамках которых каждое явление является гранью «единственного существующего вида материи». Возможно, это объясняет, почему он считал себя способным контактировать с духами и привидениями – ведь он состоял из одной с ними материи. Но если призадуматься, то такие воззрения кажутся довольно странными с учетом того, что Крукс сделал себе имя в науке, открывая новые элементы. Ведь элементы по определению являются несхожими вариантами материи!

селен из почвы, как губка. Коровы, переедающие астрагала, начинают пошатываться, спотыкаться, у них развивается лихорадка, язвы и потеря аппетита – все эти симптомы известны под общим названием вертячка. Но животным такое состояние только нравится. Это вернейший признак, свидетельствующий, что селен вызывает у скота своеобразное сумасшествие. У коров развивается зависимость от астрагала: несмотря на его ужасные побочные эффекты, они не желают есть ничего кроме этой травы. Это настоящий наркотик для травоядных. Некоторые историки с богатым воображением даже увязывают поражение генерала Кастера при Литтл-Бигхорне с тем, что лошади его солдат наелись астрагала перед битвой[139]. Примечательно, что название «селен» происходит от греческого слова, означающего «луна». Именно с луной связан и лунатизм.

Учитывая токсичность этого элемента, попытки объяснить галлюцинации Крукса как последствия отравления селеном не кажутся беспочвенными. Но некоторые упрямые факты не позволяют согласиться с этим диагнозом. Отравление селеном обычно наступает в течение недели после попадания элемента в организм, а Крукс начал глупеть в середине жизни, когда уже давно перестал работать с селеном. Кроме того, много десятилетий фермеры начинают проклинать тридцать шестой элемент, как только у коровы начнется вертячка, но многие химики склонны полагать, что другие вещества, содержащиеся в астрагале, играют не менее важную роль при этом отравлении и последующем помешательстве. Наконец, борода Крукса всегда была в порядке, а один из первых симптомов селеновой интоксикации – выпадение волос.

Густая борода также не позволяет считать, что Крукс постепенно сходил с ума из-за другого ядовитого элемента-депилятора – таллия, находящегося в «коридоре ядов». Крукс открыл таллий в возрасте двадцати шести лет (это открытие практически обеспечило ему избрание в члены Королевского общества) и продолжал экспериментировать с этим металлом в своей лаборатории на протяжении еще около десяти лет. Но он, вероятно, никогда не вдыхал таких доз таллия, чтобы это отразилось на его интеллекте. Кроме того, разве мог человек, отравившийся в молодости таллием (или селеном), сохранить такой острый разум до последних лет жизни? Кстати, Крукс порвал со спиритизмом в 1874 году и вновь занялся научной работой. Ему еще предстояло совершить крупные открытия. Так, он был первым, кто предположил существование изотопов. Он разработал важнейшее новое научное оборудование и подтвердил наличие гелия в горных породах, где этот газ впервые был обнаружен на Земле. В 1897 году сэр Уильям был произведен в рыцари и в том же году занялся исследованиями радиоактивности. В 1900 году он даже был первым, кто получил протактиний (хотя и не догадался об этом).

Нет, увлечение Крукса спиритизмом лучше всего объясняется психологическими причинами: убитый горем из-за смерти брата, он поддался патологической науке еще до того, как был придуман этот термин.

Рассуждая о том, что такое «патологическая наука», следует исключить все неверные толкования этого многозначного слова и сразу объяснить, чем патологическая наука не является. Это не мошенничество, поскольку приверженцы патологической науки уверены в своей правоте – просто никто больше их не понимает. Это не псевдонаука, образцами которой являются, в частности, фрейдизм и марксизм – учения, которые лишь претендуют на наукообразие, но не придерживаются строгого научного метода. Это и не политизированная наука, в качестве примера которой можно привести лысенковщину. В случае политизации науки люди выражают приверженность ложной науке из-за угроз в свой адрес или под влиянием порочной идеологии. Наконец, это не обычное клиническое помешательство и не

---

[139] Знаменитая в Америке битва между американской кавалерией и объединенными силами индейцев сиу и шайеннов в июне 1876 года. – *Прим. пер.*

представления душевнобольного. Это особый вид сумасшествия, характеризующийся тщательным и псевдонаучно обоснованным самообманом. Патологические ученые выбирают какой-либо редкий и периферийный феномен, который по какой-то причине их привлекает, и бросают все свои научные устремления на то, чтобы доказать его реальность. Но эта игра становится нечестной уже на первом ходу: такая наука служит только для удовлетворения глубокой эмоциональной потребности верить во что-либо. Сам по себе спиритизм не является патологической наукой, но стал таковым в случае Крукса, который проводил тщательно поставленные «эксперименты», а затем пытался дать их результатам научное обоснование.

Но патологическая наука не всегда касается каких-то маргинальных областей. Она пышно расцветает и во вполне признанных, но спекулятивных дисциплинах, где всегда скудны фактические данные и свидетельства, а имеющиеся факты сложно интерпретировать. Например, существует ответвление палеонтологии, предметом которого является реконструкция облика динозавров и других исчезнувших существ. Здесь мы сталкиваемся еще с одним выразительным примером патологической науки.

На определенном уровне наши знания о вымерших животных практически равны нулю. Целый скелет удается найти очень редко, отпечатков мягких тканей исчезающе мало. Есть одна шутка о людях, реконструирующих палеофауну: если бы слоны вымерли много веков тому назад, то палеонтолог, откопавший сегодня скелет мамонта, сказал бы, что это кости гигантского хомячка с клыками, а не шерстистый толстокожий зверь с хоботом. Не больше нам известно и о чертах других доисторических животных: полосах, походке, губах, брюхах, пупках, рылах, глотках, четырехкамерных желудках, горбах, не говоря уже о бровях, половых органах, когтях, щеках, языках и сосках. Тем не менее, сравнивания бороздки и углубления на окаменевших костях с деталями костей современных животных, опытный ученый может довольно точно описать мускулатуру, нервную систему, размеры, походку, зубы и даже способы сношения вымерших животных. Палеонтологам просто следует быть осторожными и не слишком увлекаться экстраполяциями.

Патологическая наука вырастает именно на почве этой осторожности. В принципе, ее приверженцы играют на неоднозначности доказательств как таковых. Они утверждают, что раз ученые многого не знают, то в науке вполне найдется место и для их доморощенной теории. Именно такая история приключилась с марганцем и мегалодоном[140].

Эта история началась в 1873 году, когда британское исследовательское судно «Челленджер» отправилось из Англии в экспедицию по Тихому океану. Обходясь восхитительно примитивным оснащением, команда выбросила за борт огромные ведра, закрепленные на канатах длиной по три мили, и корабль потащил эти сосуды по океанскому дну. Кроме диковинных рыб и других тварей исследователи выудили многие десятки сферических камней, напоминавших окаменелые картофелины, а также жирные твердые минерализованные конусы, напоминавшие мороженое. Эти объекты, состоящие в основном из марганца, встречались на дне в любых частях океана. Это означало, что по всему миру разбросано неисчислимое множество таких образцов.

Это был первый сюрприз. Второй обнаружился, когда команда чуть приоткрыла один из конусов. Оказалось, что марганец скопился вокруг гигантского зуба, напоминающего акулий. Самые крупные и ужасные зубы современных акул достигают в длину около шести с половиной сантиметров. Покрытые марганцем ископаемые зубы имели длину по 12,5 и более сантиметров – настоящие ротовые когти, способные крошить кости, как топором. Пользуясь примерно такими же методами оценки, как и при изучении ископаемых скелетов

[140] Подробнее о связи между марганцем и мегалодоном вы можете прочитать у Бена С. Рёша, опубликовавшего статью о том, насколько маловероятна возможность того, что мегалодон мог сохраниться до наших дней. Статья была опубликована в журнале *Cryptozoology Review* (слово-то какое – «криптозоология»!) в 1998 году, позже автор возвращался к этой теме в 2002 году.

динозавров, палеонтологи определили (только по зубам!), что эта акула, прозванная мегалодоном и вполне подходившая на главную роль в фильме «Челюсти 3», имела длину около 18–20 метров, весила примерно пятьдесят тонн и могла развивать скорость до 80 километров в час. Вероятно, ее пасть с 250 зубами кусала с силой в несколько десятков тонн. Чудовище питалось в основном примитивными китами, обитавшими в мелких тропических морях. Вероятно, мегалодоны вымерли после того, как их потенциальная добыча перекочевала в более холодные и глубокие воды, не подходящие для метаболизма и утоления ненасытного аппетита мегалодонов.

До сих пор все вполне научно. Патология начинается с марганца[141]. Океанское дно так густо усыпано акульими зубами, потому что они состоят практически из самой крепкой известной органической субстанции. Зубы – единственная часть акульего скелета, которая подолгу сохраняется глубоко в океане (большинство акул имеют хрящевые скелеты). Непонятно, почему из всех металлов, растворенных в морской воде, именно марганец плотно окутывает акульи зубы, но ученым известна примерная скорость, с которой он накапливается: от полумиллиметра до полутора миллиметров за тысячу лет. С помощью данного метода измерения было определено, что абсолютное большинство добытых зубов мегалодона имеют возраст не менее полутора миллионов лет, и это означает, что мегалодоны вымерли примерно столько времени назад.

Но – это и была лазейка, куда устремились многие любители, – некоторые зубы мегалодонов имели поразительно тонкое марганцевое «покрытие», которое оценивалось не более чем в одиннадцать тысяч лет. В эволюционном отношении это чрезвычайно короткий период времени. Действительно, а откуда мы знаем, что в скором времени ученые не найдут зуб мегалодона, попавший на дно всего десять тысяч лет назад? Или восемь? Или совсем недавно?

Вы уже догадываетесь, куда ведут такие рассуждения. В 1960-е годы несколько энтузиастов с буйным воображением, начитавшись историй про «Парк Юрского периода», были практически уверены, что кровожадные мегалодоны до сих пор бороздят просторы Мирового океана. «Мегалодон жив!» – принялись трезвонить они. И эта легенда, равно как и истории о «Зоне 51»[142] или слухи об убийстве Кеннеди, с тех пор так и не сходила с уст. Самая распространенная версия заключалась в том, что мегалодоны эволюционировали и превратились в обитателей океанских глубин, где теперь охотятся на гигантских кальмаров. Как и фантомы Крукса, мегалодоны *предположительно* неуловимы. Так энтузиасты избегали ответа на неудобный вопрос о том, почему же гигантских акул сегодня так мало.

Вероятно, сегодня найдется немало людей, которые в глубине души надеются, что последние мегалодоны все еще скрываются где-нибудь в бездне. Правда, эта идея не выдерживает критики при более внимательном рассмотрении. В частности, акульи зубы, покрытые необычайно тонким слоем марганца, практически наверняка извлечены из древнего скального слоя, находящегося под ложем океана (где они не накапливали марганца), и действительно лежат в воде относительно недавно. Вероятно, они гораздо старше одиннадцати тысяч лет. И хотя существуют даже отдельные свидетельства современников, якобы наблюдавших живых мегалодонов, все они получены от моряков – известных фантазеров. Мегалодоны из их историй абсурдно различаются по размерам и очертаниям тела. Так, рассказы-

---

[141] Существует еще одна странная связь между химическими элементами и психологией, отмеченная Оливером Саксом в его книге «Пробуждения». Автор пишет, что передозировка марганца может повредить человеческий мозг и привести к развитию той же болезни Паркинсона, какую он лечил в своей больнице. Это, конечно, редкий вариант болезни Паркинсона, и врачи не вполне понимают, почему этот токсичный элемент бьет именно по мозгу, а не по другим жизненно важным органам.

[142] Полулегендарный американский военный аэродром на юге штата Невада, вблизи которого, по некоторым версиям, регулярно происходят встречи с НЛО. – *Прим. пер.*

вают о совершенно белой акуле, достигавшей в длину более 90 метров (интересно, что никто не догадался сфотографировать этого хищного Моби Дика). Вообще все такие истории, как и свидетельства Крукса о сверхъестественных существах, полностью построены на субъективных интерпретациях. Без объективных доказательств невозможно прийти к выводу, что мегалодоны, пусть даже единичные особи, смогли проскользнуть через эволюционную ловушку.

Но непрекращающаяся охота на мегалодона превращается в патологию именно потому, что скептицизм специалистов лишь углубляет человеческую веру. Люди даже не пытаются опровергнуть новые данные о марганце на зубах, а приводят в качестве контраргументов героические истории о бунтарях, которые доказывали неправоту закоснелых ученых в далеком прошлом. Постоянно в ходу пример с целакантом – примитивной глубоководной рыбой, которая ранее считалась вымершей около 80 миллионов лет назад, пока экземпляр этой твари не обнаружили на рыбном рынке в Южной Африке в 1938 году. Согласно этой логике, ученые, ошибившиеся относительно целаканта, могут быть неправы и насчет мегалодона. Слово «могут» – все, что требуется сторонникам существования мегалодона. Ведь их теории о возможном выживании этого хищника основаны не на приоритете доказательств, а на эмоциях: на надежде, потребности в том, чтобы в мире существовало какое-нибудь фантастическое животное.

Пожалуй, наилучшим примером подобной эмоциональной предвзятости является следующий сюжет – величайший в истории патологической науки всех времен и народов, Аламо[143] истинно верующих, соблазнитель футуристов, научная гидра: холодный термоядерный синтез.

Понс и Флейшман, Флейшман и Понс. Предполагалось, что они образовали величайший научный тандем со времен Уотсона и Крика и заслуживают сравнения лишь с Пьером и Марией Кюри. Но их слава быстро прогнила, сделав их посмешищем. Сегодня имена Б. Стенли Понса и Мартина Флейшмана напоминают только о позерах, мошенниках и обманщиках, пусть это и не совсем справедливо.

Эксперимент, создавший и разрушивший карьеру Понса и Флейшмана, был, так сказать, обманчиво прост. Два химика, работавшие в Университете штата Юта в 1989 году, поместили палладиевый электрод в сосуд с тяжелой водой и пропустили по нему ток. Если сделать это с обычной водой, то молекула H_2O просто распадается на водород и кислород. Нечто подобное происходит и в тяжелой воде, с той оговоркой, что получаемый таким образом водород содержит в атоме не только протон, но и один нейтрон. Итак, вместо обычной молекулы водорода (H_2), содержащей в общей сложности два протона, Понс и Флейшман получили молекулы водорода, содержащие по два протона и два нейтрона.

Особенность эксперимента заключалась в том, что тяжелый водород связывался с палладием. Палладий – это беловатый металл, обладающий одним поразительным свойством: он способен поглощать огромное количество водорода, в девятьсот раз больше собственного объема. Ситуация равносильна тому, как если бы толстяк весом 115 килограммов проглотил дюжину африканских слонов и не пополнел в талии ни на миллиметр[144]. И как только палладиевый электрод начинал насыщаться тяжелым водородом, термометры и другие датчики

[143] Аламо – крепость, защитники которой (американцы) героически отбивали натиск мексиканской армии во время Техасской революции с 23 февраля по 6 марта 1836 года и погибли почти все до единого; американский символ «последнего бастиона». – *Прим. пер.*

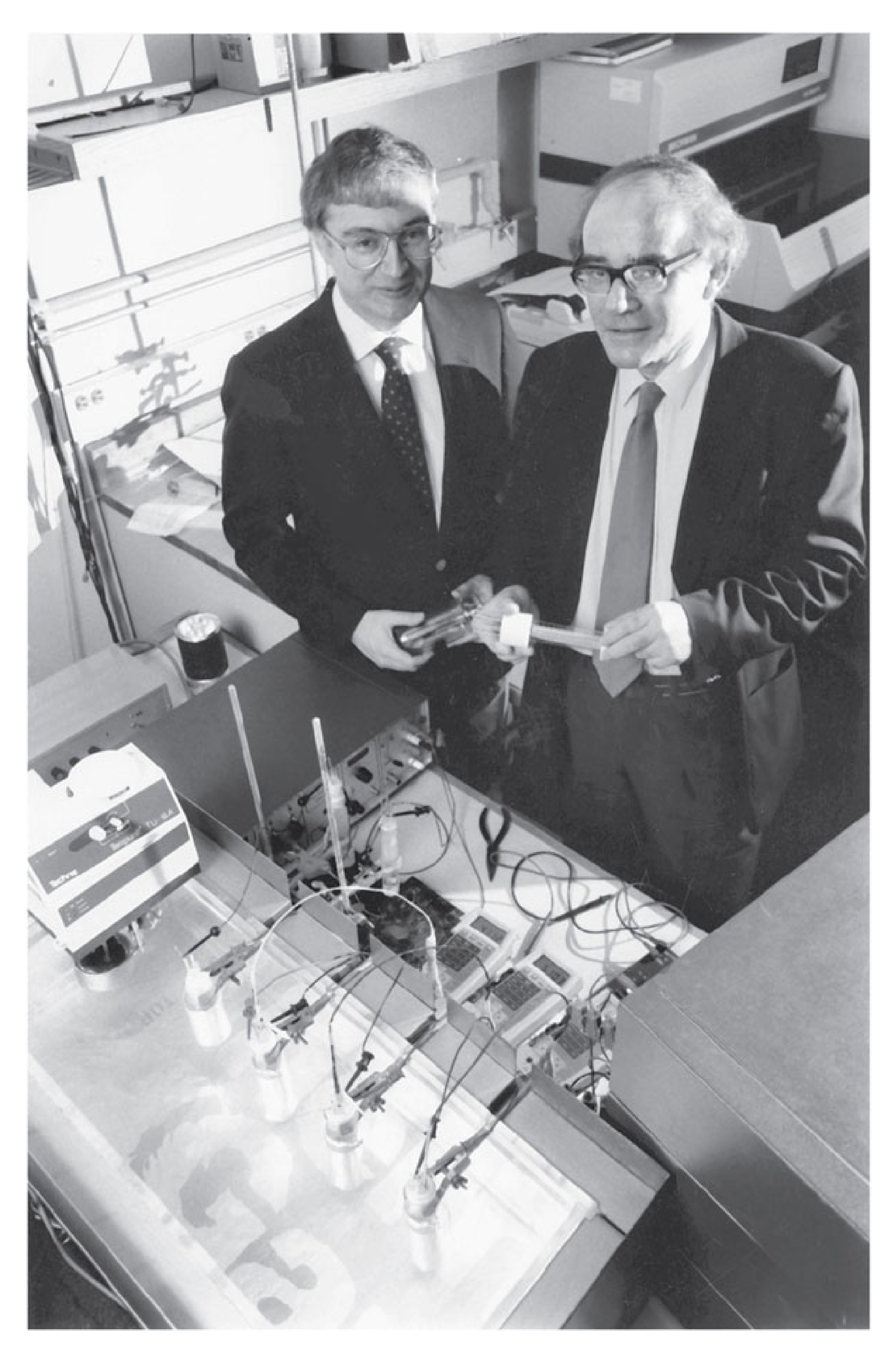
[144] Подсчет слонов велся следующим образом. По данным зоопарка Сан-Диего, самый крупный из когда-либо пойманных слонов весил почти одиннадцать тонн. Люди и слоны состоят примерно из одного и того же биоматериала, в основном – из воды, поэтому они вполне сравнимы по плотности. Чтобы вычислить относительный объем человека, который обладал бы аппетитом, как у палладия, мы можем просто умножить 115 килограммов (вес толстяка) на 900 (плотность воды) и разделить это число на вес слона. Получается, наш человек-палладий мог бы проглотить 9,4 слона. Но не забывайте, что это был вес самого крупного слона. Обычный слон весит примерно 8 тонн – вот и получается дюжина.

Понса и Флейшмана зашкаливали. Вода разогревалась гораздо сильнее, чем должна была, то есть *могла бы,* учитывая силу подаваемого тока. Понс сообщал, что во время одного такого скачка температуры перегретая вода прожгла дыру в колбе, крышке лабораторного стола и даже в бетонном полу.

Иногда они действительно регистрировали подобные скачки. Эксперимент вообще протекал хаотично, при использовании одних и тех же лабораторных материалов и в одних и тех же условиях он не всегда давал одинаковые результаты. Но вместо того, чтобы тщательно выяснить, что же именно происходит с палладием, двое ученых поддались фантазии и убедили сами себя, что открыли холодный термоядерный синтез, не требующий невероятных звездных температур и давления, а протекающий при комнатной температуре. Они предположили, что, поскольку палладий может удерживать в своей толще так много атомов тяжелого водорода, этот металл каким-то образом синтезирует гелий из протонов и нейтронов водорода, выделяя в ходе этого процесса невероятное количество энергии.

Поступив довольно опрометчиво, Понс и Флейшман созвали пресс-конференцию, чтобы обнародовать результаты своих опытов. Из их доклада недвусмысленно следовало, что все мировые энергетические проблемы решены, дешево и без какого-либо загрязнения. СМИ, в чем-то уподобившись палладию, проглотили это грандиозное заявление. Вскоре выяснилось, что другой ученый из Юты, физик Стивен Джонс, проводил подобные эксперименты, в результате которых хотел запустить такой же процесс. Но Джонс поступил осторожнее и описал свои результаты более сдержанно. Понс и Флейшман сразу же превратились в знаменитостей, а побудительный импульс, возникший из-за всеобщего интереса к их работе, казалось, захватил даже других ученых. Вскоре после упомянутой пресс-конференции состоялось собрание Американского химического общества, на котором нашему тандему аплодировали стоя.

Но во всех этих событиях был один существенный нюанс. Превознося Понса и Флейшмана, многие ученые, вероятно, вспоминали о сверхпроводниках. До 1986 года считалось, что сверхпроводимость физически не может возникать в каком-либо веществе при температурах выше -240 °C. Но вдруг два немецких исследователя открыли вещества, приобретающие сверхпроводящие свойства при более высоких температурах. За это достижение они получили Нобелевскую премию в рекордно короткий срок – всего через год после своего открытия. К работе подключились другие исследовательские группы, и через несколько месяцев были открыты «высокотемпературные» иттриевые сверхпроводники, переходившие в это состояние уже примерно при -173 °C (в настоящее время наиболее высокотемпературным сверхпроводником считается вещество, переходящее в это состояние при -139 °C). Таким образом, многие ученые, отстаивавшие невозможность создания таких сверхпроводников, оказались посрамлены. Это событие в физике было сравнимо с открытием целаканта в биологии. И в 1989 году, подобно романтикам, верящим в существование живых мегалодонов, энтузиасты холодного термоядерного синтеза могли ссылаться на прорыв в области сверхпроводников и посоветовать скептикам не спешить с опровержениями. Действительно, люди, бредившие холодным термоядерным синтезом, жаждали нового шанса опровергнуть устаревшие догмы. Такое расстройство типично для приверженцев патологической науки.



Несмотря на разгромные отзывы со стороны практически всех ученых-современников, Стенли Понс и Мартин Флейшман заявляли, что смогли запустить термоядерный синтез при комнатной температуре. Их установка состояла из сосуда, в котором нагревалась тяжелая

вода, и электродов, изготовленных из палладия – металла-суперабсорбента (Особое собрание, библиотека Дж. Уилларда Марриотта, Университет штата Юта)

Тем не менее некоторые скептики, особенно из Калифорнийского технологического института, не скрывали своего гнева. Сам холодный термоядерный синтез противоречил их научному чутью, а высокомерие Понса и Флейшмана возмущало как поведение, недостойное ученых. Двое новоявленных гениев решили обойтись без экспертной оценки коллег, которая в таких случаях является общепринятой, и просто заявили о своих результатах. Некоторые коллеги даже считали их шарлатанами, желающими быстро обогатиться, – особенно после того, как Понс и Флейшман обратились непосредственно к президенту Джорджу Бушу, попросив выделить 25 миллионов долларов на самые актуальные исследования. Первооткрыватели холодного термоядерного синтеза просто отказались отвечать на вопросы, связанные с экспертной проверкой, как будто вопросы об их палладиевой установке и протоколе проведения экспериментов сами по себе были оскорбительны. Они заявляли, что не хотят допустить, чтобы кто-нибудь украл их идеи, но со стороны казалось, что эти двое в самом деле что-то скрывают.

Тем не менее ученые всего мира относились к открытию Понса и Флейшмана с нарастающим недоверием (исключением были итальянские исследователи, так как в Италии в то же время было сделано еще одно заявление об открытии холодного термоядерного синтеза). Они уже достаточно точно представляли себе суть работы двух американцев и смогли провести собственные эксперименты с палладием и тяжелым водородом. Началась уничтожающая критика ученых из Юты, так как попытки повторить их опыт не давали никакого результата. Через несколько недель после, пожалуй, самой масштабной (со времен Галилея) совместной кампании, направленной на дискредитацию и опровержение научного исследования, сотни ученых – физиков и химиков – устроили в Балтиморе масштабный съезд, призванный развенчать Понса и Флейшмана. Они бескомпромиссно продемонстрировали, что ученые из Юты допустили ошибки в своем эксперименте, так как применяли неверные методы измерения. Один из участников собрания предположил, что Понс и Флейшман просто позволяли накапливаться газообразному водороду, и их крупнейшие «термоядерные всплески», на самом деле, были обычными химическими взрывами, подобными тому, который погубил дирижабль «Гинденбург»[145]. Самый активный «всплеск синтеза», в результате которого, по словам Понса и Флейшмана, вещество прожгло колбу и стол, произошел ночью, когда в лаборатории никого не было. Обычно на исправление научной ошибки или хотя бы на прояснение спорного вопроса уходят годы, но на холодном термоядерном синтезе крест был поставлен всего через сорок дней после объявления о его открытии. Один остряк, присутствовавший на конференции, резюмировал несостоявшуюся сенсацию в виде едкого, хотя и не очень ритмичного стишка:

Tens of millions of dollars at stake, Dear Brother
Because some scientists put a thermometer
At one place and not another
(Десятки миллионов долларов на кону, братишка
И все потому, что некоторые ученые
Суют термометр не туда, куда следует.)

---

[145] Немецкий дирижабль «Гинденбург», в качестве подъемного газа в котором использовался водород, потерпел крушение в Нью-Йорке из-за возгорания водорода. – *Прим. пер.*

Но самые интересные психологические последствия этого дела проявились позднее. Потребность поверить в дешевый источник чистой и неиссякаемой энергии для всего мира оказалась слишком сильной, люди не могли так быстро успокоить душевный трепет. И начался новый эпизод патологической науки. Как и в случаях с исследованием паранормальных явлений, только гуру (ранее в роли гуру выступали медиумы, а теперь – Понс и Флейшман) обладал достаточной силой, чтобы получить нужные результаты, причем он мог это сделать только в специально подготовленных условиях, а не у всех на виду. Разоблачение не смутило, а только воодушевило энтузиастов холодного термоядерного синтеза. Понс и Флейшман, в свою очередь, так и не признали допущенных ошибок, а их сторонники защищали своих кумиров (а попутно – и самих себя), объявляя тандем научными бунтарями, единственными гениями, которые *сделали это.* Некоторые критики пытались предъявить энтузиастам результаты своих экспериментов на протяжении еще некоторого времени после 1989 года, но термоядерщики всякий раз опровергали предъявляемые им доказательства с такой находчивостью, какую и близко не проявляли в собственной научной работе. Поэтому критики постепенно забросили это дело. Дэвид Гудстейн, физик из Калифорнийского технологического института, резюмировал итоги этих дискуссий в своей замечательной статье, посвященной холодному термоядерному синтезу. В частности, там есть такой отрывок: «Поскольку термоядерщики считают себя сообществом единомышленников, оказавшихся в осаде, внутренняя критика у них почти отсутствует. Эксперименты и теории соратников обычно принимаются за чистую монету, так как члены сообщества боятся навлечь на группу еще более сильную внешнюю критику, если о новых экспериментах узнает кто-то непосвященный. В таких условиях среди этих энтузиастов появляется все больше безумных фантазеров, только усугубляющих положение тех немногих, кто еще относится к данным исследованиям как к серьезной науке». Сложно представить себе более точное и емкое описание патологической науки[146].

Проявляя максимальную снисходительность, можно описать случай Понса и Флейшмана следующим образом. Представляется маловероятным, что они были обычными шарлатанами и с самого начала знали, что холодный термоядерный синтез – это вздор, но желали быстро прославиться. В конце концов, на дворе стоял не 1789 год, когда можно было просто сбежать, осесть в ближайшем пригороде и там дурачить обывателей по второму кругу. Их бы обязательно поймали на лжи. Возможно, сначала они сомневались, но потом были ослеплены собственными амбициями и слишком хотели испытать, каково купаться в лучах славы перед всем миром, пусть и недолго. Но не менее вероятно, что двоих ученых просто ввели в заблуждение странные свойства палладия. Даже сегодня никто не знает, почему палладий впитывает такое количество водорода. В качестве ***легкого*** оправдания работы Понса и Флейшмана (но не той интерпретации, которую они предложили) стоит отметить, что некоторые ученые действительно усматривают нечто довольно интересное в экспериментах с палладием и тяжелой водой. В металле образуются странные пузырьки, а его атомы перестраиваются необычным образом. Возможно, в этом процессе даже участвуют какие-то слабые ядерные силы. Следует отдать должное Понсу и Флейшману – именно они сделали первые шаги в этой работе. Просто они вошли в историю науки совсем не так, как хотели.

Разумеется, не каждый ученый, обладающий склонностью к безумию, погружается в патологическую науку. Некоторым, подобно Круксу, удается вырваться из этого порочного круга и вернуться к серьезной работе. Кроме того, есть редкие примеры того, как мнимые случаи патологической науки в итоге приводят к серьезным научным достижениям. Например, Вильгельм Рентген, случайно открывший таинственные невидимые лучи, сделал всё

---

[146] Описываемая статья Дэвида Гудстейна называется «Что произошло с холодным термоядерным синтезом?». Она вышла в осеннем выпуске журнала *American Scholar* за 1994 год.

возможное и невозможное, чтобы убедить себя в собственной неправоте – но не смог. А поскольку Рентген проявил настойчивость и строго следовал научному методу, он, несмотря на свою ментальную неустойчивость, действительно смог переписать историю.

В ноябре 1895 года Рентген работал у себя в лаборатории, находившейся в центральной Германии, Он экспериментировал с трубкой Крукса – важным новым инструментом, предназначенным для изучения субатомных явлений. Трубка Крукса названа в честь ее изобретателя, с которым мы уже знакомы. Этот прибор состоит из стеклянного сосуда, из которого выкачан воздух, и двух металлических пластин, расположенных внутри сосуда на обоих концах трубки. Если пропустить между пластинами электрический ток, возникает луч, пересекающий вакуум, – пучок света, напоминающий лабораторный спецэффект. Сегодня ученым известно, что такой луч состоит из электронов, но в 1895 году Рентгену и другим физикам еще только предстояло это выяснить.

Коллега Рентгена обнаружил, что если вделать в трубку Крукса маленькое окошко из прозрачной алюминиевой фольги (вспомним опыты Пера-Ингвара Бранемарка, который позже приваривал титановые окошки к кроличьим костям), то луч проскочит через фольгу и уйдет в воздух. Луч иссякал очень быстро, как будто воздух был для него ядовит, но мог подсветить фосфоресцирующий экран, расположенный примерно в десяти сантиметрах от трубки. Немного нервничая, Рентген взялся повторить все эксперименты своего коллеги, даже самые незначительные. Для этого он собрал в 1895 году почти такую же лабораторную установку, но с небольшими модификациями. Вместо того чтобы оставить трубку Крукса оголенной, он обернул ее черной бумагой. Таким образом, луч мог выйти из трубки только через фольгу. Вместо фосфоресцирующих соединений, которыми пользовался его коллега, Рентген покрыл свои экспериментальные пластинки люминесцентным соединением бария.

О том, что произошло дальше, существуют различные свидетельства. Когда Рентген выполнял кое-какие проверочные операции, стремясь убедиться, что луч правильно проходит между пластинами, что-то привлекло его внимание. По наиболее распространенной версии, это был покрытый барием кусочек картона, который Рентген вертикально поставил на столике рядом с установкой. Другие современники вспоминали, что это был лист бумаги, на котором студент вывел букву А или S пальцем, испачканным в бариевом порошке. В любом случае, Рентген, который не различал цветов, сначала должен был только уловить периферическим зрением белые блики. Но всякий раз, когда он включал ток, покрытая барием пластинка (или буква) сияла.

Рентген убедился, что из обернутой трубки Крукса не исходит никакого света. Он сидел в темной лаборатории, в которую не могли попадать солнечные блики. Но в то же время Рентген знал, что лучи, исходящие из трубки Крукса, иссякают очень быстро и просто не могут попасть на пластинку или выведенную на бумаге букву. Позже он признавался, что сначала заподозрил у себя галлюцинации. Разумеется, все дело заключалось в трубке, но он был абсолютно уверен, что никакие лучи не могут проникнуть сквозь черную матовую бумагу.

Итак, он установил на столе экран, покрытый барием, и расставил напротив трубки, на пути луча, попавшиеся под руку предметы – в том числе книгу. Рентген испытал смесь ужаса и воодушевления, когда на бариевом экране выступили контуры ключа, который он положил в книгу в качестве закладки. Каким-то образом этот опыт позволял *видеть сквозь предметы*. Он поэкспериментировал с предметами, положенными в закрытые деревянные ящики. Эти предметы также были отлично видны. Но настоящая жуть, истинная черная магия свершилась, когда Рентген удерживал напротив трубки кусок металла, а на экране с барием увидел кости собственной руки. Тут он решил, что о галлюцинации речь не идет – вероятно, это полное умопомешательство.

Сегодня мы можем только улыбнуться тому, как непросто было открыть рентгеновские лучи. Но обратите внимание, к каким необычным выводам он сначала пришел. Вместо того чтобы ухватиться за привлекательную мысль, что он открыл совершенно новое явление, Рентген предположил, что где-то допустил ошибку. Разочарованный и полный решимости сам себя опровергнуть, он уединился в лаборатории на целых семь недель, которые провел за неустанной работой. Он отказывался от помощи лаборантов и ел второпях, забывая прожевывать пищу. Рентген даже почти не разговаривал с семьей, а просто ворчал. В отличие от Крукса, охотников на мегалодона, наконец, в отличие от Понса с Флейшманом, Рентген работал не покладая рук, стремясь вписать свою находку в границы известных законов физики. Он совсем не хотел быть революционером.

По иронии судьбы, он действительно сделал все, чтобы не скатиться в патологическую науку. Статьи Рентгена свидетельствуют, что он не мог избавиться от мысли о своем сумасшествии. Более того, нежелание разговаривать и нехарактерная для него раздражительность заставляли и других людей усомниться в его душевном здоровье. Он в шутку признался своей жене Берте: «Я сейчас занимаюсь такой работой, что люди потом скажут: “Старик Рентген совсем спятил!”». В то время Рентгену было пятьдесят, и Берту наверняка удивляли такие слова.

А трубка Крукса продолжала подсвечивать бариевые пластинки, несмотря на то что Рентген отказывался в это поверить. И вот ученый принялся документировать этот феномен. Опять же, в отличие от трех описанных выше эпизодов патологической науки, Рентген игнорировал любые мимолетные или несистематические эффекты – все, что могло оказаться субъективным. Он добивался лишь объективных результатов, например, экспериментировал с проявленными фотопластинками. Наконец, уже обретя некоторую уверенность, однажды вечером он пригласил в лабораторию Берту и подставил под таинственные лучи ее руку. Женщина, увидев свои кости, просто ужаснулась, решив, что это предзнаменование смерти. После этого она отказывалась входить в эту жуткую лабораторию, но ее реакция оказала на Рентгена неизгладимое впечатление. Возможно, это был самый значительный поступок, который Берта совершила для мужа, – а Рентген убедился, что не выдумал всего этого.

И вот измученный сомнениями Рентген сообщил всем своим европейским коллегам, что открыл «рентгеновские лучи».



На одном из первых рентгеновских снимков мы видим кости и замечательное кольцо Берты Рентген, жены Вильгельма Рентгена. Вильгельм, опасавшийся, что сошел с ума, успокоился, когда супруга тоже увидела свои кости на покрытой барием пластинке. Она, будучи не такой отважной, приняла этот снимок за предзнаменование смерти

Естественно, сначала ему никто не поверил – как не верили Круксу. Через много лет другие ученые с таким же скептицизмом отнесутся к рассказам о живых мегалодонах и о

холодном термоядерном синтезе. Но Рентген действовал терпеливо и спокойно и на каждый контраргумент отвечал, что уже исключил такую возможность, – до тех пор пока у коллег не осталось никаких сомнений. И это доказывает, что у патологической науки есть и светлая сторона.

Исследователи могут жестко относиться к новым идеям. Можно представить себе, как кто-то из ученых спрашивал: «Что это за таинственные лучи, Вильгельм, которые могут незаметно проникают через черную бумагу и даже высветили кости у вас в руке? Бросьте!» Но, когда Рентген отвечал неопровержимыми доказательствами, неоднократно проверенными в ходе экспериментов, большинство скептиков отказывалось от своих прежних представлений и вставало на его сторону. Обыкновенный профессор стал героем от науки. Именно он в 1901 году получил первую в истории Нобелевскую премию по физике. Спустя двадцать лет физик Генри Мозли смог совершить революцию в периодической системе, воспользовавшись такой же установкой, с какой работал Рентген. А более чем через сто лет после открытия Рентгена люди были по-прежнему столь признательны великому физику, что в 2004 году самый тяжелый из известных на тот момент элементов № 111, из унунуния был переименован в рентгений.

Часть V. Наука об элементах сегодня и завтра

16. Глубоко ниже нуля

Рентген не только показал пример великолепного и тщательного научного исследования. Он также напомнил коллегам о том, что в периодической системе то и дело обнаруживаются новые сюрпризы. Даже сегодня мы то и дело узнаем об элементах что-то совершенно новое. Но большинство «легких» открытий ко времени Рентгена уже было совершено, для обнаружения новых элементов требовалось проявить немалую изобретательность. Ученым приходилось «допрашивать» вещества в крайне жестких условиях – особенно под действием сильнейшего холода, который гипнотизирует элементы и заставляет их вести себя необычно. Экстремальный холод не предвещает ничего хорошего и для людей, стремящихся к новым открытиям. К 1911 году достойные последователи Льюиса и Кларка уже успели исследовать бо́льшую часть Антарктики, но нога человека еще ни разу не ступала на Южный полюс. Это неизбежно привело к бескомпромиссной гонке между выдающимися исследователями, желавшими побывать там первыми. Именно эта гонка и привела к мрачной и назидательной истории о том, какие сюрпризы подбрасывает химия при экстремально низких температурах.

Тот год выдался холодным даже по антарктическим меркам, но несколько белокожих англичан во главе с Робертом Скоттом все равно решили сделать все, чтобы достичь отметки 90° южной широты. Они заготовили припасы, снарядили собачьи упряжки – и караван двинулся к цели от антарктического побережья. Большинство участников экспедиции были своеобразной «группой поддержки» – они предусмотрительно оставляли на пути пайки с едой и запасы топлива. Это делалось, чтобы небольшая команда, которая совершит последний рывок к полюсу, смогла воспользоваться всем этим на обратном пути.

Постепенно караван редел, и наконец после пешего пути, занявшего не один месяц, группа из пяти человек под руководством Скотта дошла до Южного полюса в январе 1912 года. Там они обнаружили коричневую палатку, норвежский флаг и издевательски дружелюбное письмо. Скотт проиграл гонку Руалу Амундсену, чья группа пришла к Южному полюсу месяцем ранее. В тот момент Скотт коротко написал у себя в дневнике: «Произошло худшее или почти худшее… Это огромное разочарование». А несколько позже – такая запись: «Великий боже! это ужасное место… Теперь мы побежим домой, и впереди ждет отчаянная борьба. Гадаю: справимся ли?»

Скотт и его спутники были страшно подавлены, а обратный путь в любом случае обещал ста нелегким. Но Антарктика, казалось, бросила все силы, чтобы покарать и добить этих людей. На протяжении многих недель им приходилось брести в сильнейшем муссоне, заваливавшем их снежными хлопьями. Из дневников экспедиции (открытых позже) стало известно, что путникам пришлось переносить голод, цингу, обезвоживание, обморожение и гангрену. Самой убийственной бедой было отсутствие топлива. Годом ранее Скотт путешествовал по Арктике и обнаружил, что кожаная оплетка, которой полярники предохраняли канистры с керосином, сильно протекает. Экспедиция вполне могла потерять в пути половину горючего. Перед тем как отправиться на Южный полюс, группа Скотта пробовала запечатывать канистры оловосодержащим и чистым оловянным припоем. Но когда изнуренные мужчины добрались до склада канистр, оставленного для обратного пути, они обнаружили, что многие баки пусты. В довершение всего, часть керосина попала в провиант и испортила его.

Без керосина путешественники не могли готовить еду и растапливать лед для питья. Один участник экспедиции заболел и умер. У другого от холода помутился рассудок, и он куда-то ушел из лагеря. Оставшиеся трое, включая Скотта, брели дальше. Считается, что они погибли от обморожения в конце марта 1912 года, не дойдя до британской базы всего 18 километров.

В свое время Скотт был такой же культовой фигурой, как Нейл Армстронг[147]. Британцы горестно встретили новость о его гибели, в 1915 году в одной церкви даже были установлены витражи в его честь. Конечно, люди всегда пытались отыскать какую-то уважительную причину, которая оправдала бы его неудачу, и периодическая система подсказала того «злодея», который мог погубить Скотта. Олово, которое Скотт использовал для запечатывания канистр, ценилось с библейских времен, так как этот металл очень ковкий. По иронии судьбы, чем бо́льших успехов достигала металлургия в добыче и очистке олова, тем хуже этот металл вел себя в повседневном использовании. Когда инструменты, монеты и даже игрушки из чистого олова замерзают, их начинает разъедать беловатая «ржавчина», похожая на морозные узоры на окне. Это вещество постепенно образует пузырьки, которые проникают в олово и крошат его, пока оно не рассыпается в пыль.

В отличие от железной ржавчины, это вещество образуется без каких-либо химических реакций. Сегодня ученым уже известна причина такого явления: дело в том, что в твердом агрегатном состоянии атомы олова могут упорядочиваться двумя способами. При сильном морозе металл переходит из крепкой «бета»-формы в хрупкую и рассыпчатую «альфа»-форму. Чтобы представить себе разницу, вообразите, что атомы олова – это апельсины, сложенные в огромном деревянном ящике. На дне ящика лежит слой шарообразных плодов, которые соприкасаются лишь вскользь. Для заполнения второго, третьего и последующих слоев можно положить каждый атом прямо на другой атом, расположенный уровнем ниже. Это первая кристаллическая структура. Другой вариант – уложить второй слой атомов в промежутки между атомами первого, потом в третьем слое так же положить атомы в промежутки, оставшиеся во втором, и так далее. Получается вторая кристаллическая структура, с иной плотностью и иными свойствами, нежели первая. И это всего лишь два из многих способов уложить много слоев соприкасающихся атомов.

Люди Скотта, вероятно, поняли на собственном опыте, что атомы металла могут спонтанно перегруппировываться из крепкой кристаллической формы в рассыпчатую и наоборот. Обычно для такого изменения структуры требуются экстремальные условия. Так, под океанским дном существуют такие высокие температуры и такое давление, при которых из графита образуются алмазы. Олово меняет структуру уже при 13,33 °C. Даже в прохладный октябрьский вечер в олове может начаться переход в зернистое состояние и нарастание белой ржавчины, при более низких температурах этот процесс ускоряется. При неосторожном обращении или деформации (как в случае с канистрами, которые просто сбрасывали с саней на слежавшийся лед) реакция может ускоряться, в результате чего повреждается даже незаржавевшее олово. Причем такое воздействие не ограничивается местным дефектом, скажем, образованием поверхностной трещины. Такую деформацию иногда называют «оловянной чумой», так как разрушение проникает внутрь металла, подобно заразной болезни. При таком переходе между состояниями может даже выделяться существенное количество энергии, что сопровождается скрежетом. Его образно называют «оловянным криком», хотя звук больше напоминает радиопомехи.

Переход олова из одного состояния в другое был хорошо известен и на протяжении истории служил удобным оправданием всевозможных бед, «химическим козлом отпущения». В некоторых европейских городах, для которых характерны суровые зимы (например,

[147] Американский астронавт, первым ступивший на поверхность Луны. – *Прим. пер.*

в Санкт-Петербурге), ходят легенды о дорогих оловянных трубах, которые устанавливали в новые церковные органы. Якобы такие трубы могли рассыпаться в пыль, стоило органисту взять первый аккорд. Некоторые набожные граждане даже усматривали в этом козни дьявола. Более серьезные исторические последствия этого явления имели место, например, в начале XIX века, когда Наполеон опрометчиво вел военную кампанию в России холодной зимой 1812 года. По некоторым свидетельствам (оспариваемым многими историками) оловянные застежки на кителях французов просто рассыпались под сильным ветром, из-за чего солдаты фактически оставались в одном нижнем белье. Как и небольшой отряд Скотта, столкнувшийся в Антарктиде с экстремальными погодными условиями, французская армия оказалась в России в незавидном положении. Возможно, коварные свойства пятидесятого элемента, превращающегося из металла в порошок, лишь усугубили ситуацию, но всегда проще увязать неудачу с роковым естественным фактором, а не с тем, что герой оказался непредусмотрителен[148].

Можно не сомневаться, что отряд Скотта обнаружил пустые канистры – в конце концов, это написано в их дневниках, – но тот факт, что это произошло из-за распада оловянного припоя, до сих пор оспаривается. Оловянная чума действительно могла быть причиной катастрофы, но спустя десятилетия после других экспедиций удавалось найти их канистры, оловянное покрытие которых отлично сохранилось. Скотт действительно использовал сравнительно чистое олово, но вряд ли оно оказалось настолько чистым, чтобы чума поразила весь припой до основания. В любом случае, не существует никакого другого убедительного объяснения, кроме специально устроенной диверсии, свидетельства насильственной смерти также отсутствуют.

Так или иначе, группа Скотта погибла во льдах, и гибель смельчаков как минимум отчасти связана с особенностями химических элементов.

Когда вещество замерзает и переходит из одного состояния в другое, с ним могут происходить причудливые метаморфозы. В школе мы изучаем всего три агрегатных состояния материи: твердое, жидкое и газообразное. В старших классах вам могли рассказывать и о четвертом агрегатном состоянии. Это плазма, возникающая в звездах при сверхвысоких температурах. В состоянии плазмы электроны покидают свои атомные оболочки и отправляются в свободное плавание[149]. В университете студенты узнают о сверхпроводимости, а также о сверхтекучести, наблюдаемой в жидком гелии. В аспирантуре профессора иногда озадачивают слушателей такими сложными состояниями, как кварк-глюонная плазма или вырожденное вещество. Между тем, некоторые умники любят спрашивать: почему желе не является самостоятельным агрегатным состоянием вещества? Хотите, отвечу? Дело в том, что коллоиды вроде желе представляют собой смеси двух агрегатных состояний[150]. Смесь воды и желатина может считаться и крайне пластичным твердым телом, и очень вязкой жидкостью.

Но дело в том, что во Вселенной вещества могут существовать в гораздо более разнообразных состояниях – с другими принципами упорядочивания частиц на микроуровне, чем

---

[148] Вероятно, гипотеза о том, что именно оловянная чума обрекла на гибель экспедицию Роберта Фолкона Скотта, появилась после выхода статьи в газете *New York Times,* хотя на самом деле в статье высказывалась точка зрения, согласно которой повреждены были сами канистры, в которых Скотт и его люди оставили еду и другие необходимые вещи. Только позже беду стали увязывать с рассыпавшимся оловянным припоем. Кроме того, в разных источниках встречаются самые разные факты о том, какой материал Скотт применял в качестве укупорки – упоминается, в частности, кожаная укупорка, чистое олово, сплав олова со свинцом и т. д.

[149] Кстати, плазма – это наиболее распространенное состояние вещества во Вселенной, так как именно из нее в основном и состоят звезды. Образцы плазмы (правда, очень холодной) встречаются и в верхних слоях земной атмосферы, где исходящие от Солнца космические лучи ионизируют молекулы разреженного газа. Именно благодаря этим лучам возникает удивительный естественный свет – северное сияние. При таких высокоскоростных столкновениях частиц также может образовываться антивещество.

[150] К числу других коллоидов относятся студень, туман, взбитые сливки и некоторые разновидности цветного стекла. Твердые пены, упомянутые в главе 17, совмещающие в себе твердое и газообразное состояние, также являются коллоидами.

мы можем представить себе в наших привычных категориях «твердое тело-жидкость-газ». И такие состояния не являются гибридными, в отличие от желе. Альберт Эйнштейн открыл одно из таких новых состояний в 1924 году, в ходе тщательного изучения некоторых уравнений квантовой механики. Позже он отверг собственные расчеты и отказался поверить в это теоретическое открытие, поскольку гипотетическое состояние вещества показалось ему слишком странным, чтобы существовать в реальности. Оно так и оставалось невозможным вплоть до 1995 года, пока такое состояние не удалось создать искусственно.

Можно утверждать, что твердое состояние материи является основным. Если быть предельно точным, то следует признать, что практически весь объем каждого атома пребывает пустым в каждый момент времени, но из-за крайне быстрого движения электронов атом приобретает иллюзорную твердость – по крайней мере, мы его воспринимаем твердым. В твердых телах атомы располагаются в виде регулярных трехмерных кристаллических решеток, но даже в самых обычных твердых веществах обычно существуют кристаллы сразу нескольких типов. В настоящее время ученые могут придавать кристаллам льда четырнадцать различных кристаллических форм, обрабатывая его в камерах высокого давления. Некоторые виды льда тонут в воде, а не всплывают, а другие кристаллические формы замерзшей воды выглядят не как шестиугольные снежинки, а напоминают пальмовые листья или кочаны цветной капусты. Существует поразительная форма льда, которая тает только при 2037 °С! Даже такие сложные и многосоставные химические вещества, как шоколад, способны образовывать квазикристаллы, которые могут изменять форму. Вам когда-нибудь доводилось разворачивать плитку шоколада и обнаруживать, что она приобрела неаппетитный желтоватый оттенок? В данном случае мы имеем дело со своеобразной «шоколадной чумой», подобной той, что испортила оловянный припой и обрекла на гибель команду Скотта в Антарктике.

Кристаллические формы твердых веществ лучше всего образуются при низких температурах. Если температура опустится достаточно сильно, то хорошо известные элементы могут стать практически неузнаваемыми. Даже практически инертные благородные газы, переходя в твердое агрегатное состояние, могут пойти на связь с другими элементами. Канадский химик Нейл Бартлетт смог опровергнуть существовавшую десятилетиями догму и синтезировал первое соединение благородного газа (ксенона), представляющее собой твердый оранжевый кристалл. Это произошло в 1962 году[151]. Следует оговориться, что реакция протекала при комнатной температуре, но в таких условиях ксенон реагирует только с гексафторидом платины – веществом не менее едким, чем суперкислота. Кроме того, из всех стабильных инертных газов ксенон обладает самыми крупными атомами и реагирует гораздо легче, чем другие подобные газы, поскольку его внешние электроны не так крепко связаны с ядром. Чтобы заставить реагировать более легкие благородные газы, чьи атомы значительно более компактны, приходится радикально понизить температуру и практически обездвижить эти атомы. Криптон вступает в реакцию лишь при температуре около -151 °С, когда сверхагрессивный фтор может к нему подступиться.

Но запустить реакцию в криптоне было не сложнее, чем смешать соду с уксусом, если сравнить эту задачу с отчаянными попытками вовлечь в химические реакции аргон. После того как в 1962 году Бартлетт получил соединение ксенона, а в 1963-м – твердые вещества, содержавшие криптон, прошло еще тридцать семь долгих лет, прежде чем финским ученым удалось создать условия для реакции с аргоном. Это произошло в 2000 году. Эксперимент был сравним по филигранности с произведением Фаберже, для него потребовалось переве-

---

[151] Бартлетт выполнил два важнейших эксперимента с ксеноном в пятницу, подготовка к опытам заняла у него целый день. К тому времени, когда он вскрыл сосуд и убедился, что реакция произошла, было уже за семь вечера. Ученый был настолько взволнован, что выскочил из лаборатории в коридор и стал громко звать коллег. Но все уже отправились домой на выходные, и Бартлетту пришлось праздновать победу в одиночестве.

сти аргон в твердое состояние. Еще в реакции участвовали газообразный фтор, газообразный водород, а также суперактивный компонент-затравка – йодид цезия, который и запускал реакцию. Наконец, потребовались тщательно хронометрированные импульсы ультрафиолетового света и невообразимый холод в -265 °C. Как только становилось немного теплее, соединения аргона распадались.

Тем не менее ниже этой температуры гидрофторид аргона – вполне устойчивый кристалл. Финские ученые объявили о своем достижении в статье, название которой было исключительно незатейливым для такой научной работы: «Стабильное соединение аргона». Сам факт получения этого соединения был достаточным поводом для гордости. Ученые уверены, что даже в самых холодных уголках космоса миниатюрные гелий и неон никогда не образуют соединения с другими элементами. Поэтому в настоящее время аргон остается самым неуступчивым элементом, соединение которого все-таки удалось получить человеку.

Учитывая, насколько аргон не любит изменять своей природе, получение такого вещества, конечно, было огромным научным достижением. Тем не менее ученые не считают соединения благородных газов и даже необычную форму олова, возникающую в результате альфа-бета перехода, самостоятельными агрегатными состояниями вещества. Новое агрегатное состояние требует наличия принципиально иного уровня энергии, при котором принципы взаимодействия атомов существенно изменяются. Именно поэтому твердые тела, в которых (почти) все атомы неподвижны, жидкости, в которых частицы могут обтекать друг друга, а также газы, частицы которых свободно перемещаются в любом направлении, ***действительно являются*** разными агрегатными состояниями вещества.

При этом между газами, жидкостями и твердыми телами есть немало общего. Во-первых, их частицы являются цельными и отдельными друг от друга. Но такая независимость превращается в анархию, если разогреть вещество до состояния плазмы, в котором атомы начинают распадаться. Если же сильно охладить вещество, то в нем складываются ансамбли, в которых частицы начинают слипаться самыми причудливыми способами.

Возьмем, к примеру, сверхпроводники. Электричество представляет собой поток электронов, возникающий в цепи. В медном проводе электроны бегут от одного атома к другому, обтекают их, а когда какие-то электроны попадают внутрь атомов, провод нагревается и теряет энергию, отдаваемую в виде тепла. Очевидно, в сверхпроводниках подобного рассеивания энергии почему-то не происходит, так как электроны, бегущие между атомами сверхпроводящего вещества, никогда не иссякают.

На самом деле, ток может сохраняться в сверхпроводнике практически вечно, если вещество остается охлажденным до нужной температуры. Это свойство было впервые обнаружено в 1911 году в образце ртути, охлажденной примерно до -277 °C. В течение десятилетий большинство ученых придерживалось такой точки зрения на сверхпроводимость: у электронов в подобном состоянии просто появляется больше места для маневра. Атомы в сверхпроводящем состоянии практически не имеют энергии на вибрацию, поэтому между ними сохраняются более стабильные коридоры, по которым могут бежать электроны, ни с чем при этом не сталкиваясь. Это объяснение является относительно верным, но лишь в 1957 году трое ученых смогли выяснить, что при таких низких температурах метаморфозы происходят с самими электронами.

Пролетая мимо атомов в сверхпроводнике, электроны испытывают определенное притяжение со стороны атомных ядер. Положительно заряженные ядра немного смещаются в направлении электрона, в результате чего в атоме образуется зона с высокой плотностью положительного заряда. Этот плотный заряд притягивает новые электроны, которые в определенном смысле становятся «спаренными» с первой волной электронов. Это не сильная химическая связь между электронами, она больше напоминает те слабые взаимодействия, которые возникают между атомами фтора и аргона. Вот почему такая сцепка происходит

только при очень низких температурах, когда атомы почти не вибрируют и не расталкивают электроны в разные стороны. При таких низких температурах мы не можем считать электроны изолированными частицами; они образуют группы и действуют вместе. В такой электрической цепи отдельные электроны не могут сбиться с курса или включиться в атом, поскольку прежде, чем такой электрон успеет замедлиться, общий поток электронов увлечет его за собой. Ситуация напоминают старую, уже запрещенную игровую тактику, которая применялась в американском футболе. Игроки без шлемов просто сцеплялись за руки и бежали через все поле – такой летящий косяк электронов. На микроуровне это состояние приводит к сверхпроводимости, при которой миллиарды миллиардов электронов действуют точно так же.

Здесь я описал так называемую BCS-теорию сверхпроводимости. Она названа по первым буквам фамилий предложивших ее ученых: Джона Бардина, Леона Купера (электронные пары называются «парами Купера») и Роберта Шриффера[152]. Это был тот самый Джон Бардин, который участвовал в изобретении германиевого транзистора, получил за это Нобелевскую премию и опрокинул сковородку с яичницей, услышав эту новость. После того как в 1951 году Бардин покинул Bell Labs и отправился в Иллинойс, он всецело сосредоточился на изучении сверхпроводимости. Через шесть лет группа BCS полностью сформулировала новую теорию. Она оказалась настолько качественной и точной, что в 1972 году трое ученых совместно получили за свою работу Нобелевскую премию по физике. На этот раз Бардин снова отличился – он пропустил пресс-конференцию в университете, так как не смог выехать из гаража, где незадолго до того поставил новую электрическую дверь на транзисторном управлении. Но, приехав в Стокгольм повторно, Бардин все-таки познакомил своих уже взрослых сыновей со шведским королем – как и обещал в пятидесятые годы.

Если охладить элементы еще ниже тех температур, при которых возникает сверхпроводимость, то атомы настолько «сходят с ума», что начинают наседать один на другой и даже заглатывать друг друга. Важнейшим фактором, позволяющим понять такое невероятное эйнштейновское состояние материи, является так называемая когерентность. Чтобы разобраться, что же это такое, нам потребуется сделать короткое, но очень интересное отступление и поговорить о природе света, а также о другой инновации на грани возможного – о лазерах.

Физики обладают довольно странным эстетическим чувством, и мало найдется на свете вещей, которые услаждают их

больше, чем двойственность, дуализм света. Обычно мы воспринимаем свет как разновидность волн. На самом деле, Эйнштейн смог сформулировать Специальную теорию относительности отчасти потому, что размышлял, какой он сможет увидеть Вселенную, если прокатится верхом на световой волне. Его интересовало, как будет выглядеть пространство, как будет (или не будет) идти время. Даже не спрашивайте меня, как он смог себе это вообразить. В то же время Эйнштейн доказал (чем он только не занимался в этой области), что иногда свет ведет себя как поток частиц, которые называются фотонами. Объединив два представления о свете – как о волне и как о частице – в теорию, получившую название корпускулярно-волнового дуализма, он верно заключил, что свет – это не только самая быст-

---

[152] Шриффер, бывший член трио BCS, в конце жизни пребывал в мрачном кризисе. В таком состоянии он оказался виновником трагедии – убил двух людей, парализовал одного и ранил еще пятерых, устроив страшное ДТП на шоссе в Калифорнии. После того как семидесятичетырехлетний Шриффер получил девять штрафов за превышение скорости, у него временно отняли водительские права, но он все равно решил прокатиться на своем новом спортивном «Мерседесе» из Сан-Франциско в Санта-Барбару. Шриффер погнал по шоссе со страшной скоростью, но при этом умудрился заснуть за рулем и врезался в микроавтобус на скорости 111 миль в час. Шрифферу грозило восьмимесячное заключение в тюрьме графства, но после того, как члены семей жертв дали показания, судья ужесточился и сказал, что «Шриффер должен испытать, что такое тюрьма штата». Агентство Ассошиэйтед Пресс цитировало Леона Купера, некогда бывшего коллегой Шриффера; Леон обескураженно пробормотал: «Это не тот Боб, с которым я работал… не тот Боб, которого я знал».

рая субстанция в наблюдаемой Вселенной, но и вообще самая быстрая субстанция, которая перемещается в вакууме со скоростью около трехсот тысяч километров в секунду. Конкретное состояние, в котором будет зарегистрирован свет – как волна или как частица, – зависит от того, как его измерять, поскольку свет всегда находится в двух этих состояниях одновременно.

Несмотря на то, какой чистой красотой свет обладает в вакууме, он может искажаться в результате взаимодействия с некоторыми элементами. Натрий и празеодим способны снижать скорость света примерно до 17 метров в секунду – это в 20 раз меньше, чем скорость звука. Эти элементы даже могут захватывать свет, удерживать его несколько секунд, как мячик, а потом отбрасывать в другом направлении.

Лазеры производят со светом еще более тонкие манипуляции. Как вы помните, электроны движутся, как лифт: они не могут подняться с уровня 1 на уровень 3,5 или упасть с уровня 5 на уровень 1,8. Электронные переходы происходят только между целочисленными уровнями. Когда возбужденные электроны возвращаются на исходный уровень, они избавляются от избыточной энергии, испуская ее в виде света. Поскольку движение электрона настолько ограничено, невелик и диапазон цветов, которые могут при этом возникать. Такой свет должен быть монохромным – как минимум в теории. На практике же электроны в различных атомах могут одновременно падать с уровня 3 на 1, с 4 на 2 и т. д. И в каждом случае получается иной свет. Кроме того, разные атомы излучают свет в разное время. Нашему глазу этот процесс кажется синхронным, но на фотонном уровне он нескоординированный и беспорядочный.

Лазеры позволяют обойти проблему несогласованности во времени, ограничивая количество «этажей», на которых может останавливаться «лифт». Аналогичные устройства, мазеры, действуют точно так же, но они генерируют невидимый свет. Самые мощные современные лазеры порождают сверхмощные лучи, которые в долю секунды выдают больше энергии, чем все электростанции Соединенных Штатов. В таких лазерах используются кристаллы иттрия, начиненные неодимом. Внутри лазерного устройства стробирующий световой импульс завивается вокруг неодимово-иттриевого кристалла и проблескивает исключительно быстро с невероятно высокой интенсивностью. Такое впрыскивание света возбуждает электроны в неодиме и заставляет их прыгать гораздо выше, чем это бывает в естественных условиях. Ну, как будто они подпрыгивают с первого прямо на десятый этаж. Испытывая «головокружение», они сразу же падают обратно на безопасный уровень – скажем, на второй этаж. Но в отличие от естественных переходов электроны настолько возбуждены, что изменяют свое поведение и испускают избыточную энергию уже не в виде света, а в виде тепла. Очутившись на надежном втором этаже, они «с облегчением» покидают лифт и остаются на втором этаже, не торопясь вернуться на первый.

Прежде чем они будут готовы спуститься вниз, возникает новый световой импульс, в результате которого уже большее количество электронов неодима взлетает на десятый этаж, а потом сразу падает на второй. После того как этот процесс произойдет многократно, на втором этаже начинается сутолока. Как только на втором этаже окажется больше электронов, чем на первом, в лазере произойдет так называемая инверсия заселенности. В таком случае, если какие-то из бездействующих электронов успевают прыгнуть на первый этаж, они расталкивают своих взведенных столпившихся соседей и выталкивают на балкон, в результате чего каким-то электронам приходится упасть со второго уровня на первый. Оцените всю простоту и красоту этого явления: когда электроны неодима падают на этот раз, все падающие частицы попадают со второго уровня на первый одновременно и поэтому излучают свет одного и того же цвета. Такая когерентность – ключевое свойство лазера. Вся остальная аппаратура в лазерном устройстве нужна для очистки света и сглаживания лазера, лучи которого попеременно отскакивают от двух зеркал. Но к этому моменту неодимово-иттри-

евый кристалл уже справился со своей функцией – сгенерировал луч когерентного концентрированного света. Сила этих лучей такова, что они могут запустить термоядерную реакцию, а сфокусированы они так, что режут человеческую роговицу, не затрагивая остальные части глаза.

После такого описания читатель может подумать, что лазер скорее представляет собой техническое достижение, чем научное чудо. Тем не менее на этапе разработки в 50-е годы лазеры – и мазеры, которые исторически появились первыми, – были восприняты в научной среде с серьезным предубеждением. Чарльз Таунс вспоминает, что даже после того, как ему удалось сконструировать первую рабочую модель мазера, старшие коллеги устало смотрели на него и говорили: «Извините, Чарльз, но это невозможно». И ведь это были не профаны, не узколобые пораженцы, неспособные воспринять Новое Великое Открытие. И Джон фон Нейман, заложивший основы конструирования современных компьютеров (и современных атомных бомб), и Нильс Бор, который больше чем кто-либо сделал для объяснения принципов квантовой механики, отвергали мазер Таунса как «попросту невозможный».

Причина, по которой Бор и фон Нейман отвергали возможность существования лазера, очень проста: они забывали о дуализме света. Точнее, их дезориентировал знаменитый принцип неопределенности, действующий в квантовой механике. Поскольку этот принцип, сформулированный Вернером Гейзенбергом, так легко понять неправильно – но, с другой стороны, как только он понят, этот принцип становится важнейшим инструментом для создания новых форм вещества, – в следующем разделе я постараюсь прояснить эту небольшую загадку Вселенной.

Ничто так не восхищает эстетическое чувство физиков, как дуализм света, но есть и вернейший способ заставить физика вздрогнуть от отвращения: они терпеть не могут, когда кто-то пытается рассуждать о принципе неопределенности в ситуациях, где этот принцип совершенно неприменим. Чтобы вам ни говорили, он не имеет (почти[153]) ничего общего с историей о наблюдателе, который изменяет вещь самим актом ее наблюдения. Суть этого принципа такова:

$$\Delta x \, \Delta p \geq h/4\pi$$

Вот и все.

Теперь, если попытаться перевести это с квантово-механического на человеческий язык (что априори рискованно), то это уравнение читается так: произведение неопределенности положения частицы (Ax) и неопределенности ее скорости и направления движения (ее импульса, Ap) всегда будет больше или равно значению ***«h,*** деленному на 4л», где ***h*** обозначает постоянную Планка. Постоянная Планка – это чрезвычайно маленькое число, примерно в сто триллионов раз меньше единицы, поэтому принцип неопределенности при-

[153] Теперь, чтобы немного смягчить эту категоричную формулировку, попробую объяснить, почему многие люди ошибочно трактуют принцип неопределенности и полагают, что, измеряя что-либо, мы тем самым изменяем измеряемое. Этот феномен называется эффектом наблюдателя. Фотоны света – пожалуй, самые крошечные инструменты, при помощи которых ученые могут зондировать предметы, но фотоны не слишком уступают по размеру электронам, протонам и другим элементарным частицам. Поэтому сталкивать фотоны с такими частицами и по скорости их отскакивания пытаться определить скорость и размеры зондируемых частиц – все равно что пытаться измерить скорость грузовика, врезавшись в него на микроавтобусе. Да, вы получите интересующую вас информацию, но непременно собьете грузовик с курса, которым он двигался. А во многих эпохальных экспериментах в истории квантовой физики при наблюдении спина, скорости или положения элементарной частицы сама реальность эксперимента зачастую изменяется непредсказуемым образом. Таким образом, можно утверждать, что для понимания любых происходящих при этом изменений необходимо учитывать принцип неопределенности. Но причина самих изменений заключается в эффекте наблюдателя – совершенно другом феномене. Скорее всего, люди путают два этих явления потому, что наше общество просто нуждается в метафоре вида «мы изменяем предмет уже самим фактом наблюдения этого предмета», а принцип неопределенности хорошо вписывается в такую метафору.

меняется лишь к сверхмалым предметам – например, к электронам или фотонам. Иными словами, если вы совершенно точно знаете положение частицы, то не можете с определенностью установить ее импульс, и наоборот.

Обратите внимание: данная неопределенность не имеет ничего общего с неточными измерениями, которые могут получиться, если пользоваться плохой линейкой. Это неопределенность, неотъемлемая от нашего мироздания. Давайте вновь вспомним о переменчивой природе света, который ведет себя то как частица, то как волна. Отвергая возможность существования лазера, Бор и фон Нейман не вполне понимали, в каких ситуациях проявляется волновая, а в каких – корпускулярная природа света. В их времена лазер казался столь точным и сфокусированным источником энергии, что неопределенность положения фотонов в нем должна была практически отсутствовать. Это означало, что неопределенность импульса должна была быть настолько огромной, что фотоны разлетались бы с любой энергией в любом направлении, а это, казалось бы, противоречило идее плотного сфокусированного луча.

Они забывали, что свет может вести себя и как волна, а движение волн определяется другими законами. Во-первых, как можно узнать, где находится волна? Природа волны такова, что она одновременно распространяется во всех направлениях – а это сама неопределенность. Кроме того, в отличие от частиц, одни волны могут поглощать другие и объединяться друг с другом. Если бросить два камня в пруд, то самые большие волны возникнут там, где сойдутся круги от них. Ведь именно эта маленькая область будет получать энергию от волн, идущих с двух сторон одновременно.

В случае с лазером речь идет не о двух, а о триллионах триллионов «камней» (то есть электронов), запускающих волны света, которые постоянно смешиваются друг с другом. Важно понять, что принцип неопределенности неприменим к множествам частиц, а только к отдельно взятым частицам. В луче света, который как раз представляет собой множество частиц, мы не можем сказать, где находится любой отдельно взятый фотон. А при такой огромной неопределенности положения фотона внутри луча мы можем очень, очень точно направить его энергию, превращая свет в лазер. Такую лазейку очень сложно использовать, но, если овладеть ею, она дает человеку огромную силу. Именно поэтому журнал *Time* отметил заслуги Таунса, назвав его в 1960 году одним из «людей года» (в одном ряду с Полингом и Сегре). В 1964 году Таунс был удостоен Нобелевской премии по физике за свою работу над мазером.

Вскоре ученые осознали, что в эту лазейку вписываются не только фотоны. Поскольку для света характерен корпускулярноволновой дуализм, чем глубже вы проникаете в структуру протонов, электронов и других условно твердых частиц и анализируете их, тем более «рыхлыми» они становятся. Вещество на своем глубочайшем, самом загадочном квантовом уровне является неопределенным и волноподобным. А поскольку на такой глубине принцип неопределенности уже является математическим законом, определяющим, как должны пролегать границы между волнами, образующие их частицы также подчиняются принципу неопределенности.

$$\Delta x \, \Delta p \geq h/4\pi$$

Опять же, это уравнение справедливо только в микроскопических масштабах, где значение постоянной Планка (которая, как мы помним, в триллионы триллионов раз меньше единицы) не является пренебрежимо малым. Физики не любят, когда кто-то пытается экстраполировать такие принципы на человеческий макромир и утверждает, что, «согласно принципу неопределенности», мы действительно не можем наблюдать какой-либо предмет, не изменяя его при этом. Эвристически развив эту мысль, некоторые даже решаются утвер-

ждать, что объективной реальности не существует и что ученые лишь занимаются самообманом, считая, что «все знают». На самом деле, есть всего один пример того, как принцип неопределенности Гейзенберга, действующий на наноуровне, отражается в нашем макромире. Речь идет о том самом экзотическом состоянии вещества, о котором я обещал рассказать выше. Оно называется конденсатом Бозе – Эйнштейна (БЭК).

История открытия этого состояния вещества восходит к 1920-м, когда Шатьендранат Бозе, упитанный индийский физик в очках, допустил ошибку, разбирая на лекции уравнения квантовой механики. Это был грубый просчет, простительный разве что студенту, но именно он и пробудил в Бозе интерес к проблеме. Не догадываясь поначалу об ошибке, он довел вычисления до конца, с удивлением убедившись, что его «неправильные» ответы поразительно хорошо согласуются с наблюдаемыми свойствами фотонов – даже лучше, чем «верная» теория[154].

Бозе решил поступить именно так, как в течение многих веков до него поступали другие физики: предположил, что его ошибочный результат на самом деле является верным, но почему так происходит – непонятно. И написал об этом научную статью. Из-за кажущейся ошибки, а также из-за того, что многие редакторы считали его «неграмотным индусом», все ведущие европейские научные журналы отвергли эту статью. Бозе, не растерявшись, послал статью самому Альберту Эйнштейну. Эйнштейн внимательно ее изучил и пришел к выводу, что предложенное Бозе решение является очень проницательным. Гипотеза Бозе сводилась к тому, что фотоны могут плотно слипаться друг с другом до тех пор, пока отдельные частицы в этом «комке» не станут неразличимы. Эйнштейн подправил статью, перевел ее на немецкий, а потом расширил работу Бозе до новой статьи, в которой рассмотрел, как такой принцип «слипания» работает уже не с фотонами, а с целыми атомами. Воспользовавшись своим научным авторитетом, Эйнштейн добился, чтобы обе статьи были опубликованы рядом.

В этой объединенной работе Эйнштейн добавил пассаж, что если охладить атомы до крайне низких температур – намного ниже, чем до состояния сверхпроводимости, то они конденсируются с переходом в новое агрегатное состояние. Тем не менее задача охлаждения атомов до столь низких температур превосходила технические возможности начала XX века, так что даже дальновидный Эйнштейн не стал всерьез рассматривать такую возможность. Он считал описанный им конденсат лишь любопытной теоретической возможностью. Поэтому особенно поразительно, что ученым удалось наблюдать вещество в состоянии БЭК всего лишь через десять лет, когда было открыто явление сверхтекучести гелия. В таком жидком гелии небольшие группы атомов слипались вместе. Электронные пары Купера в сверхпроводниках также отчасти напоминают БЭК. Но такое связывание в сверхпроводниках и сверхтекучих жидкостях проявлялось в ограниченном объеме. Более того, Эйнштейн представлял себе это состояние вещества совсем иначе – как очень холодный разреженный туман. Тем не менее ни создатели жидкого гелия, ни ученые из группы BCS даже не пытались подстроиться под гипотезу Эйнштейна. Об агрегатном состоянии БЭК не удалось узнать ничего нового вплоть до 1995 года, когда двое умных ученых из Университета штата Колорадо получили вещество, которое можно было назвать «газом из рубидиевых атомов» (газообразным рубидием).

Примечательно, что важнейшим техническим средством, которое помогло достичь состояния БЭК, был лазер. Принцип работы лазера основан на тех идеях о природе фотонов, которые впервые высказал Бозе. Это может показаться нелогичным, ведь обычно лазер разогревает тела. Но лазер вполне может и охлаждать атомы, если уметь правильно с ним

[154] Ошибка Бозе была статистической. Если вы хотите рассчитать вероятность выпадения орла или решки при двух бросках монеты, то можете угадать правильный ответ (в половине случаев), рассмотрев четыре варианта: ОО, ОР, РО и РР. Бозе учел варианты ОР и РО как всего один, а не два, поэтому получил в ответе треть случаев.

обращаться. На базовом наноскопическом уровне температура определяется только средней скоростью движения частиц. Горячие молекулы постоянно сталкиваются друг с другом, а холодные еле движутся. Поэтому, чтобы охладить какое-либо тело, нужно максимально замедлить его частицы. При лазерном охлаждении ученые пересекают несколько лучей. Подобно охотникам за привидениями, они создают ловушку из «оптической патоки». Когда разреженные атомы рубидиевого газа проходили через оптическую патоку, лазеры бомбардировали их протонами малой интенсивности. Атомы рубидия гораздо массивнее и тяжелее протонов, так что такая бомбардировка напоминает расстрел астероида из пулемета. Тем не менее, несмотря на разницу в размерах, достаточно сильный шквальный огонь может остановить даже астероид, и именно это произошло с рубидием. Поглощая протоны, летевшие в них со всех сторон, атомы рубидия все замедлялись и замедлялись, пока их температура не упала примерно до одной десятитысячной доли градуса выше абсолютного нуля.

Тем не менее даже такая температура является настоящим пеклом для конденсата Эйнштейна – Бозе (теперь вы догадываетесь, почему Эйнштейн был столь пессимистичен?). Поэтому ученые из Колорадо, Эрик Корнелл и Карл Виман, применили вторую фазу охлаждения, на которой сильный магнит многократно отсасывал из рубидиевого газа самые «горячие» из оставшихся атомов. Примерно то же самое происходит, когда мы дуем на ложку с горячим бульоном, чтобы ее остудить (выдуть самые горячие атомы). Когда высокоэнергетические атомы покинули газ, его температура упала еще ниже. Медленно остужая газ и удаляя на каждой стадии лишь несколько самых теплых атомов, ученые опустили температуру до одной миллиардной доли градуса (0,000000001 K) выше абсолютного нуля. На данном этапе образец из двух тысяч атомов рубидия наконец превратился в конденсат Эйнштейна – Бозе – самую холодную, липкую и неустойчивую субстанцию во Вселенной.

Но формулировка «две тысячи атомов рубидия» относительно вещества в состоянии БЭК не совсем правильна. Ученые не получили кусок рубидия из двух тысяч атомов, слипшихся, как пастила. Это было особое состояние вещества, для описания которого придется вновь обратиться к принципу неопределенности. Как я уже упоминал, температура – это просто показатель скорости атомов. Если температура молекул падает до миллиардной доли градуса, то их скорость становится практически нулевой, и, следовательно, неопределенность этой скорости абсурдно мала. Она тоже практически нулевая. А поскольку на таком уровне атомы проявляют волновые свойства, неопределенность их положения должна быть довольно велика.

Она оказалась настолько большой, что, пока неутомимые ученые охлаждали атомы рубидия и слепляли их вместе, атомы начали пухнуть, расширяться, наползать друг на друга и, наконец, исчезать друг в друге. Так получился всего один призрачный атом, который, не будь он таким неустойчивым, был бы вполне различим под микроскопом. Именно поэтому можно утверждать, что в этом и только в этом случае принцип неопределенности практически начинает действовать на макроуровне и затрагивает частицу, которую можно сравнить по размеру с человеком. Оборудование, которое потребовалось для доведения материи до состояния конденсата Эйнштейна – Бозе, стоило около 100 тысяч долларов, а само это новое состояние вещества просуществовало около десяти секунд, после чего конденсат фактически сгорел. Но этих десяти секунд хватило, чтобы в 2001 году Корнелл и Виман были удостоены Нобелевской премии[155].

---

[155] Университет Колорадо поддерживает отличный сайт, на котором доступно объясняется агрегатное состояние БЭК. Там вы найдете некоторое количество компьютерных анимаций и интерактивных инструментов: http://www.colorado.edu/physics/2000/bec/. Корнелл и Виман разделили эту Нобелевскую премию с Вольфгангом Кеттерле – немецким физиком, который также получил конденсат Эйнштейна – Бозе вскоре после них и помог объяснить необычные свойства этого агрегатного состояния.К сожалению, всего через три года после получения премии Корнелл тяжело заболел. В самом конце октября 2004 года он попал в больницу с «гриппом» и болью в плече, а вскоре впал в кому. Обычная стрептококковая

По мере совершенствования технологий ученым все проще доводить вещество до состояния БЭК. Конечно, это по силам еще далеко не всем, но не исключено, что вскоре человечество научится создавать «вещественные лазеры», выстреливающие сверхсфокусированные пучки атомов. Такие лазеры должны быть в тысячи раз мощнее световых, а также потенциально способны синтезировать сверхтвердые ледяные кубики, которые смогут проникать друг через друга, не теряя при этом формы. В нашем научно-фантастическом будущем такие вещи могут показаться не менее удивительными, чем были световые лазеры и сверхтекучие жидкости в нашем замечательном настоящем.

инфекция превратилась в некротический фасцит – тяжелое заболевание мягких тканей, которое иногда называют «плотоядной инфекцией». Чтобы сдержать распространение болезни, хирурги ампутировали ему левую руку до плеча, но это не помогло. Корнелл балансировал на грани жизни и смерти около трех недель, пока врачам не удалось стабилизировать его состояние. Позднее он выздоровел.

17. Изумительные сферы: наука о пузырьках

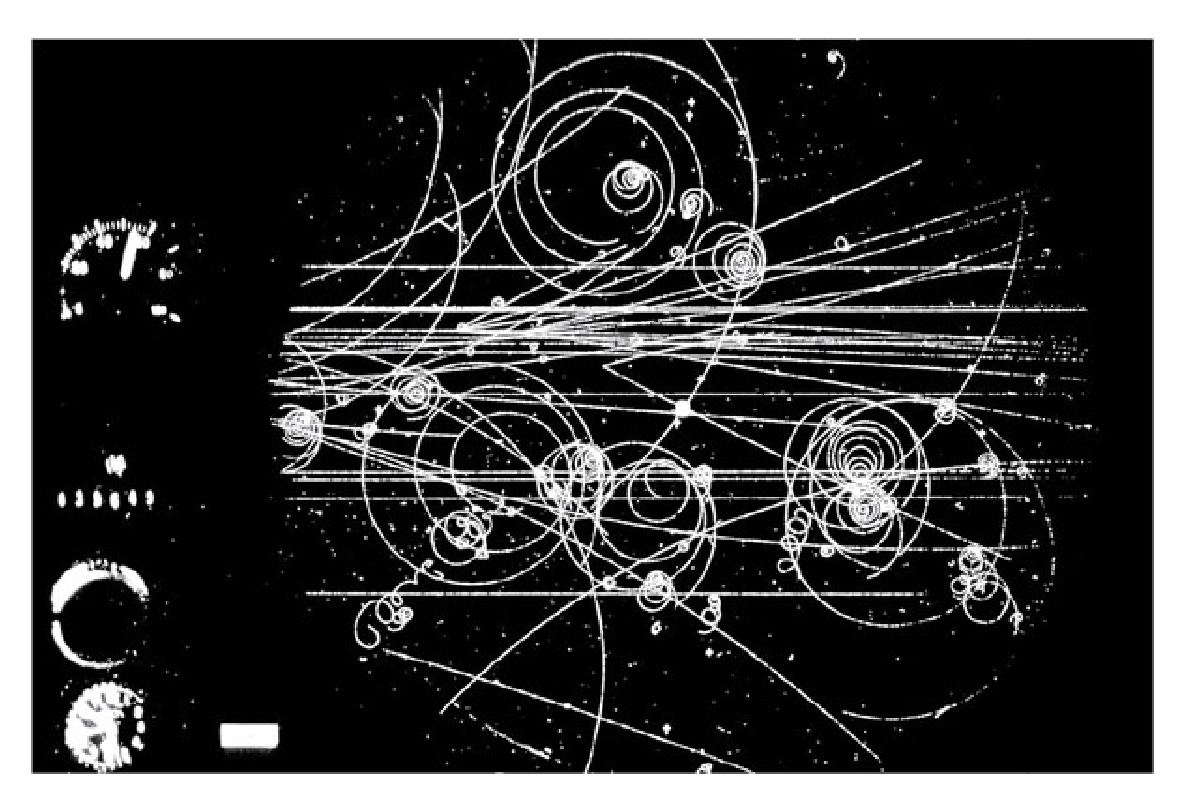
Для того чтобы совершить очередной прорыв в науке об элементах, совсем не обязательно исследовать такие экзотические и сложные состояния вещества, как конденсат Бозе — Эйнштейна. Привычные твердые тела, жидкости и газы все еще могут поведать нам кое-какие секреты, если нам будут благоволить госпожа Удача и научные музы. Среди ученых ходит легенда о том, что идея об одном из самых важных лабораторных приборов пришла в голову его создателю не просто за стаканом пива, но и благодаря стакану пива.

В те годы Дональд Глазер был скромным, но жаждущим признания младшим научным сотрудником Мичиганского университета. Когда ему было двадцать пять лет, он любил наведываться в ближайшие бары, чтобы утолить жажду. Как-то вечером он рассматривал пузырьки, поднимавшиеся в стакане со светлым пивом, и сам не заметил, как стал размышлять о физике частиц. На тот момент (это было в 1952 году) ученые пользовались знаниями, полученными в ходе выполнения Манхэттенского проекта и других исследований в области ядерной физики, чтобы вообразить экзотические и неустойчивые разновидности частиц – к-мезоны, мюоны и пионы, призрачные сущности из того же мира, который наполнен хорошо знакомыми нам протонами, нейтронами и электронами. Специалисты по физике частиц подозревали, даже надеялись, что эти частицы помогут опровергнуть периодическую систему, казавшуюся основополагающей картой материального мира, так как позволят заглянуть еще глубже в субатомные недра.

Но, чтобы продвинуться в этих исследованиях, ученым требовались методы, которые позволили бы «увидеть» эти мельчайшие частицы и проверить, какие свойства они проявляют. Глазер, склонившийся над своим стаканом, – высоколобый юноша в очках, с короткими вьющимися волосами – решил, что ответ таится в пузырьках. Пузырьки в жидкостях образуются там, где есть неровности или инородные включения. Так, пузырьки в шампанском образуются на месте микроскопических царапин на стекле, а пузырьки в пиве – это мельчайшие включения углекислого газа. Глазер как настоящий физик точно знал, что пузырьки образуются тем активнее, чем горячее жидкость и чем ближе она к точке кипения (вспомните кастрюлю с водой, стоящую на плите). На самом деле, если поддерживать температуру жидкости, она переполнится пузырьками, как будто ее сильно взбалтывают.

Это было хорошее начало, не выходившее, впрочем, за пределы простейшей физики. Глазер стал выдающимся физиком благодаря нескольким логическим умозаключениям, которые сделал дальше. Эти экзотические к-мезоны, мюоны и пионы появляются лишь в тех случаях, когда удается отщепить кусочек от ядра атома – его плотной сердцевины. В 1952 году уже существовало устройство, называемое «камера Вильсона», в которой специальная «пушка» торпедировала холодные газовые атомы сверхбыстрыми субатомными частицами. После прямых попаданий в такой камере иногда появлялись мюоны и к-мезоны, и газ конденсировался в жидкие капельки именно там, где пролегала траектория частицы. Но Глазер решил, что целесообразнее было бы заменить газ жидкостью. Плотность жидкостей в тысячи раз превышает плотность газов, поэтому если бы мы нацелили атомную пушку, скажем, на жидкий водород, то столкновений с атомами происходило бы гораздо больше. Кроме того, если бы жидкий водород находился лишь чуть-чуть ниже точки кипения, то

даже самый слабый толчок призрачной частицы вспенил бы водород в камере, как пиво в стакане. Кроме того, Глазер полагал, что сможет сфотографировать траектории пузырьков, а затем измерить, как различные частицы прокладывают разные дорожки и спирали, в зависимости от их размера и заряда. Легенда гласит, что к тому моменту, как Глазер допил стакан пива, у него в голове сложилась полная картина будущего опыта.



В зависимости от размера и заряда, различные субатомные частицы проделывают разные виражи и прокладывают разные спиралевидные траектории, проносясь через пузырьковую камеру. Следы на этой иллюстрации – линии из мельчайших пузырьков, сфотографированных в холодной бане из жидкого водорода (иллюстрация любезно предоставлена ЦЕРН)

Это история о такой интуитивной прозорливости, в какую ученые давно хотят поверить. К сожалению, как и большинство легенд, эта история не совсем точная. Глазер действительно изобрел пузырьковую камеру, но для этого ему пришлось усердно поработать в лаборатории, а не просто набросать идею на салфетке в баре. К счастью, истина оказалась еще более захватывающей, чем легенда. Глазер действительно сконструировал пузырьковую камеру для осуществления вышеописанного опыта, но внес в нее одну важную модификацию.

Один Бог знает, по какой причине – может быть, из-за ненасытного студенческого любопытства – молодой человек решил, что обстреливать из атомной пушки нужно не жидкий водород, а самое обыкновенное пиво. Он действительно полагал, что при помощи пива можно совершить эпохальный прорыв в изучении субатомных частиц. Воображение рисует нам парня, украдкой приносящего вечером в лабораторию бутылки «Будвайзера». Возможно, часть пива из упаковки ушла на нужды науки, а другая часть – на поддержание духа исследователя. А сам исследователь тем временем заливал в миниатюрные лабораторные стаканчики, нагревал почти до кипения и бомбардировал лучшее американское пиво, в котором рождались самые экзотические элементарные частицы.

К сожалению для науки, эксперименты с пивом не задались. Коллеги по лаборатории также не горели желанием трудиться в аромате пивных паров. Не растерявшись, Глазер усовершенствовал свои эксперименты, а его коллега Луис Альварес – тот самый, кто выдвинул гипотезу об астероиде, погубившем динозавров, – в конце концов определил, что самой чувствительной средой для таких опытов является все-таки не пиво, а жидкий водород. Жидкий водород закипает при температуре около -253 °С, поэтому даже при минимальном повышении температуры эта жидкость начинает бурно пениться. Кроме того, поскольку водород является простейшим элементом, в жидком водороде не возникает разнообразных ослож-

нений, возможных при столкновении частиц в любой другой жидкости (в том числе пиве). «Пузырьковая камера», сконструированная Глазером, помогла ответить на множество важных вопросов, причем так быстро, что в 1960 году Глазер оказался на обложке журнала *Time* среди пятнадцати «Людей года» – наряду с Лайнусом Полингом, Уильямом Шокли и Эмилио Сегре. Кроме того, он получил Нобелевскую премию в невообразимо юном возрасте – тридцати трех лет от роду. К тому времени он уже перебрался на работу в Беркли, а на церемонию вручения премии надел тот же самый белый жилет, в котором награду получали Эдвин Макмиллан и Эмилио Сегре.

Как правило, пузырьки не воспринимаются в качестве важного научного инструмента. Хотя они повсюду встречаются в природе – а, возможно, как раз поэтому, – а также из-за того, насколько легко они образуются, пузырьки в течение тысячелетий считались просто забавой. Но когда наступил XX век – век физики, – ученые вдруг оценили, как много задач удается решить при помощи пузырьков, позволяющих зондировать простейшие структуры Вселенной. В наши годы наблюдается подъем биологии, и специалисты в этой области знания также используют пузырьки – для изучения живых клеток, самых сложных структур во Вселенной.

Пузырьки оказались чудесными естественными лабораториями, позволяющими ставить эксперименты во всех областях естествознания, и новейшую историю науки можно читать параллельно с историей этих изумительных сфер.

Есть один элемент, особенно активно образующий пузырьки, а также пену – субстанцию, в которой пузырьки слипаются друг с другом и теряют сферическую форму. Это кальций. Пена строится из пузырьков по тому же принципу, что и ткань, – из клеток. Поэтому самый замечательный образец пенистой структуры в нашем организме (не считая слюны) – это губчатая кость. Мы обычно представляем себе пену столь же мягкой, как крем для бритья. Но когда некоторые субстанции, наполняемые воздухом, застывают в результате высыхания или охлаждения, они становятся жесткими и крепкими, как очень грубые банные губки. Между прочим, NASA использовало специальные пены для защиты космических челноков, возвращавшихся из космоса через плотные слои атмосферы. Кости, насыщенные кальцием, – еще один пример такой легкой, но прочной ткани. Более того, в течение многих тысячелетий скульпторы ваяли могильные памятники, обелиски и идолов из податливых, но крепких пород, содержащих кальций, – например, из мрамора и известняка. Эти породы образуются, когда крошечные морские микроорганизмы гибнут, а их панцири, насыщенные кальцием, опускаются на океанское дно и накапливаются там. В этих панцирях, как в костях, имеются естественные поры, но химия кальция повышает их эластичную крепость. Большинство естественных вод – в частности, дождевая вода – слегка кислые, в то время как кальций проявляет слабые основные свойства. Когда вода затекает в кальциевые поры, она реагирует с этим элементом, и происходит микроскопический взрыв, напоминающий взрыв модели вулкана, который иногда демонстрируют на уроках химии. Выделяются небольшие количества углекислого газа, смягчающего породу. В геологических масштабах в результате реакций между кальцием и водой образуются гигантские пустоты, которые мы называем пещерами.

Кальциевые пузырьки важны не только в анатомии и искусстве, они сформировали мировую экономику, а также очертили границы империй. Многие богатые кальцием бухты на южном побережье Англии имеют искусственное происхождение. На их месте существовали известняковые карьеры. Разработки известняка начались в этих местах около 55 года до н. э., когда туда прибыли римляне, очень ценившие этот минерал. Разведчики, посланные Юлием Цезарем, нашли красивый кремовый известняк в районе современного английского города Бир. Вскоре там появились римские камнетесы, принявшиеся добывать известняк для украшения фасадов. Английский известняк из района Бира использовался при стро-

ительстве Букингемского дворца, Лондонского Тауэра и Вестминстерского аббатства. В результате в прибрежных скалах остались огромные пустоты. Около 1800 года несколько местных парней, выросших на парусных лодках и изучивших все прибрежные лабиринты, играя в пятнашки, решили вспомнить свои детские увлечения и стать контрабандистами. Они научились прятать в известняковых бухтах французский коньяк, скрипки, табак и шелк, которые доставляли из Нормандии на быстрых катерах.

Контрабандисты (сами себя они предпочитали называть «свободными торговцами») озолотились за счет чудовищных пошлин, которыми английское правительство обложило французские товары, чтобы досадить Наполеону. Из-за дефицита изделий, попавших под этот налог, естественно, возник огромный спрос на них. Не в последнюю очередь из-за того, что береговая охрана не могла справиться с контрабандой, хоть и обходилась его величеству весьма недешево, в 1840-е годы парламент пошел на либерализацию торгового законодательства. Тогда торговля стала практически свободной, а с ней наступило и экономическое процветание, в итоге позволившее Великобритании превратиться в империю, в которой никогда не заходит солнце.

Эта история могла натолкнуть вас на мысль о том, что и наука о пузырьках имеет давнюю историю, но это не так. Выдающиеся естествоиспытатели, в частности Бенджамин Франклин (объяснивший, почему масло сглаживает небольшие волны с пенными барашками) и Роберт Бойль (экспериментировавший со свежей пенистой мочой и даже не гнушавшийся пробовать ее из собственного ночного горшка), без особого интереса относились к пузырькам. Первые физиологи иногда ставили опыты, связанные с пузырьками, – например, вдували различные газы в кровь полуживых-полурасчлененных собак. Но ученые, как правило, игнорировали сами пузырьки, их структуру и форму, оставляя изучение пузырьков тем, кто трудился в «недостаточно интеллектуальных» научных областях. Иногда эти области науки именовались «интуитивными». Интуитивная наука не является патологической. Просто относящиеся к ней области знания – например, коневодство и садоводство – хотя и изучают естественные феномены, но в течение долгого времени полагаются при этом скорее на догадки, наблюдения и журнальные публикации, чем на строго контролируемые эксперименты. Той интуитивной наукой, в которой нашлось место исследованию пузырьков, оказалась кулинария. Пекари и пивовары издавна использовали дрожжи – примитивные организмы, создающие вокруг себя множество пузырьков. Дрожжи нужны для того, чтобы хлеб заквашивался, а пиво сбраживалось. Но в XVIII веке повара, трудившиеся в области европейской высокой кухни, научились сбивать яичные белки в пышную воздушную пену, после чего принялись экспериментировать с безе, пористыми сырами, взбитыми сливками и капучино, которые мы сегодня так любим.

Тем не менее шеф-повара обычно не доверяли химикам и наоборот. Химик считал повара недисциплинированным и ненаучным ремесленником, повар химика – стерильным занудой. Лишь к 1900 году пузырькология превратилась в уважаемую научную дисциплину. Правда, те люди, благодаря которым это произошло, – лорд Кельвин и Эрнест Резерфорд – имели лишь самое туманное представление о том, к чему могут привести их исследования. На самом деле, Резерфорд гораздо больше стремился докопаться до самых глубин периодической системы, где в те годы фактически царила кромешная тьма.

В 1895 году Резерфорд, незадолго до того перебравшийся из Новой Зеландии в Кембриджский университет, целиком посвятил себя изучению радиоактивности. На рубеже XIX–XX веков эта область была не менее популярна, чем генетика во второй половине XX века и нанотехнология в XXI веке. Прирожденная энергичность подтолкнула Резерфорда к занятиям экспериментальной наукой, так как чистоплюем он никогда не был. Юность Резерфорда прошла за охотой на куропаток и выращиванием картошки на отцовской ферме. Поэтому он вспоминал, что в Кембридже ощущал себя «ослом в львиной шкуре» в окру-

жении благородных академиков. Резерфорд носил пышные усы, которые придавали ему сходство с моржом, таскал в карманах радиоактивные образцы, курил крепкие сигары и трубку. Он был склонен выражаться причудливыми эвфемизмами – возможно, набожная жена просто умоляла его не браниться на людях – и самыми грязными проклятьями. Резерфорд не умел сдерживаться и клял на чем свет стоит лабораторное оборудование, когда оно отказывалось ему повиноваться. Возможно, чтобы как-то сгладить свою речь, Резерфорд очень любил громко (и довольно фальшиво) петь, затягивая что-то вроде «Вперед, Христовы воины!»[156], когда маршировал по полутемной лаборатории. Несмотря на такой жутковатый облик, одной из самых примечательных черт резерфордовского научного метода была изысканность. Пожалуй, во всей истории науки никто не умел выжимать секреты природы из лабораторной аппаратуры столь мастерски, как это делал Резерфорд. Одной из самых ярких иллюстраций его научного подхода является история о том, как наш герой смог разгадать принцип превращения одних элементов в другие.

Перебравшись из Кембриджа в Монреаль, Резерфорд заинтересовался тем, как радиоактивные вещества загрязняют окружающий воздух, повышая радиационный фон. В ходе исследования этого явления Резерфорд опирался на труды Марии Кюри, но новозеландский провинциал оказался гораздо изобретательнее своей знаменитой современницы. По мысли Кюри, радиоактивные элементы (среди прочего) испускают «чистую радиоактивность», напоминающую особый газ, и она заряжает окружающий воздух. Этим радиоактивные вещества подобны электрическим лампочкам, излучающим свет. Резерфорд подозревал, что «чистая радиоактивность» представляет собой пока не известный радиоактивный газообразный элемент, обладающий собственными характерными свойствами. В результате, пока Кюри месяцами вываривала сотни килограммов черного пузырящегося настурана, чтобы добыть микроскопические количества радия и полония, Резерфорд придумал обходной маневр и призвал на помощь саму Природу. Он просто оставил радиоактивные образцы под перевернутым лабораторным стаканом, чтобы собрать пузырьки неизвестного газа, а потом вернулся в лабораторию и нашел там все нужные ему вещества. Резерфорд и его ассистент Фредерик Содди быстро доказали, что радиоактивные пузырьки на самом деле представляют собой новый элемент – радон. А поскольку количество вещества под стаканом уменьшалось по мере выделения радона, исследователи догадались, что наблюдают превращение одного элемента в другой.

Резерфорд и Содди не только открыли новый элемент, но и обнаружили новый способ перемещения по периодической системе. При распаде атомы одних элементов становятся атомами других, перепрыгивая в таблице по горизонтали сразу на несколько клеток. Это было захватывающее, но еретическое открытие. За несколько веков ученым удалось дискредитировать и изгнать из своих рядов алхимиков-магов, пытавшихся синтезировать золото из свинца, а тут Резерфорд и Содди вновь возвращаются к подобным экспериментам! Когда Содди наконец поверил в происходящее и выпалил: «Резерфорд, это трансмутация!» – тот осадил его: «Ради бога, Содди, не называйте это трансмутацией. Нам просто снимут головы как алхимикам».

Вскоре образцы радона положили начало еще более удивительным исследованиям. Резерфорд произвольно назвал небольшие фрагменты, откалывавшиеся от радиоактивных атомов, альфа-частицами (он же открыл и бета-частицы). Опираясь на разницу в весе между разными «поколениями» распадающихся элементов, Резерфорд предположил, что альфа-частицы – не что иное, как гелий, выделяющийся из кипящей жидкости в форме пузырьков. Это значит, что элементы не просто могутперепрыгивать через две клетки периодической

[156] Знаменитый протестантский гимн. – *Прим. пер.*

системы, как в обычной настольной игре; если уран действительно испускал гелий, значит, элементы могут перемещаться самым разным способом, как в игре со змейками и лесенками.

Чтобы проверить эту гипотезу, Резерфорд поручил стеклодувам с физического факультета изготовить для него две колбы. Первая была тонкой, почти как мыльный пузырь, и в нее Резерфорд закачал радон. Вторая была толще и шире, и в нее он поместил первую. У альфа-частиц имелось достаточно энергии, чтобы проникнуть через первое тончайшее стекло, а преодолеть второе они уже не могли. Таким образом, они оказывались «пойманы» во второй колбе, в которой в начале эксперимента был вакуум. Через несколько дней результат эксперимента оставался практически незаметным, ведь альфа-частицы бесцветны и практически никак себя не проявляют. Но потом Резерфорд пропустил через пустоту электрический ток. Если вы когда-либо бывали в мегаполисе, например в Токио или Нью-Йорке, то уже догадываетесь, что произошло. Как и все благородные газы, гелий светится под действием электричества, и волшебные частицы Резерфорда начали переливаться характерными гелиевыми желто-зелеными оттенками. Фактически Резерфорду пришлось зажечь одну из первых «неоновых» ламп, чтобы доказать, что альфа-частицы – это беглые атомы гелия. Это был великолепный пример резерфордовского изящества и его веры в зрелищную науку.

Со свойственным ему талантом Резерфорд рассказал о связи между альфа-частицами и гелием в своей нобелевской речи, прочитанной в 1908 году. Резерфорд не только получил премию сам, но и подготовил еще одиннадцать нобелевских лауреатов, последний из которых был удостоен этой награды в 1978 году, более чем через сорок лет после смерти Резерфорда. Вероятно, это был самый плодовитый отец со времен Чингисхана, который жил семью столетиями ранее и, по легенде, являлся отцом нескольких сотен детей. Открытия Резерфорда опьянили весь нобелевский бомонд. Тем не менее самое непосредственное и прикладное применение исследований Резерфорда, связанных с гелием, вероятно, ускользнуло от многих, кто присутствовал тогда в Стокгольме. Резерфорд, будучи непревзойденным экспериментатором, понимал, что по-настоящему великие исследования не просто подкрепляют или опровергают ту или иную теорию, а дают толчок новым опытам. В частности, эксперимент с альфа-гелием позволил Резерфорду стряхнуть вековую пыль с древнего научно-теологического спора о возрасте Земли.

Первая условно аргументированная оценка возраста Земли была сделана в 1650 году, когда ирландский архиепископ Джеймс Ашшер вывел его по библейским «данным» – в частности, из родословной патриархов («…и Серух жил тридцать лет, и родил Нахора… и Нахор жил двадцать девять лет и родил Тераха…» и т. д.). В результате он вычислил, что Господь создал Землю 23 октября 4004 года до н. э. Ашшер сделал наиболее точную оценку, которую можно было получить при помощи этих данных, но прошли считаные десятилетия, и практически все научные дисциплины доказали смехотворность такого результата. Физики даже смогли подкрепить свои догадки точными числами, воспользовавшись термодинамическими уравнениями. Все мы знаем, что горячий кофе остывает в морозильнике. Ученые знают, что Земля также постоянно теряет тепло, излучая его в абсолютно холодное космическое пространство. Измерив скорость потери тепла и экстраполировав эти данные в прошлое – до того момента, когда все земные породы были расплавленными, можно примерно определить дату возникновения Земли. Величайший ученый XIX века, Уильям Томсон, более известный как лорд Кельвин, потратил несколько десятилетий на решение этой проблемы и в конце XIX века объявил, что возраст Земли составляет 20 миллионов лет.

Это был триумф человеческого разума, но полученный Кельвином результат был практически так же безнадежно неверен, как и цифра Ашшера. К 1900 году Резерфорд, в частности, уже сознавал, что физика, считавшаяся в те годы значительно более престижной и светской, чем все другие науки, в данном случае дает явно ошибочную оценку. Кстати, Резерфорд однажды заявил: «В науке существует только физика; все остальное – коллекционирование

марок». По иронии судьбы, в 1908 году он получил Нобелевскую премию не по физике, а по химии. Действительно, Чарльз Дарвин горячо отстаивал точку зрения о том, что человек не мог развиться из примитивной бактерии за какие-то 20 миллионов лет, а последователи шотландского геолога Джеймса Хаттона утверждали, что горы и каньоны также не могли образоваться за столь краткое время. Но никто не мог опровергнуть грандиозные вычисления лорда Кельвина до тех пор, пока Резерфорд не начал экспериментировать с образцами урановых пород и с пузырьками гелия.

Содержащиеся в некоторых горных породах атомы урана испускают альфа-частицы (в каждой из которых содержится по два протона) и превращаются в торий – элемент № 90. Затем атом тория испускает еще одну альфа-частицу, превращаясь в радон. После этого по такому же принципу радон рождает радий, радий рождает полоний, а полоний рождает стабильный свинец. Такая цепь последовательных распадов была широко известна. Но Резерфорд, как и Глазер впоследствии, испытал научное озарение и понял, что эти альфа-частицы скапливаются в горных породах, образуя пузырьки гелия. Затем Резерфорд уловил еще более важный факт: ведь гелий никогда не реагирует с другими элементами и не образует с ними какие-либо связи. Поэтому, в отличие от углекислого газа в составе известняка, гелия в горных породах быть не должно, и весь гелий, содержащийся в горных породах, появился там в результате радиоактивного распада. Если в породе много гелия, то она очень старая, если небольшие количества – сравнительно молодая.

К 1904 году Резерфорд уже успел несколько лет поразмышлять над этим процессом. В тот год ему исполнилось 33, а лорду Кельвину – 80. Несмотря на весь огромный вклад Кельвина в науку, в таком почтенном возрасте его ум уже потерял остроту. Прошли дни, когда он мог одну за другой выдвигать захватывающие теории. Например, Кельвин полагал, что тяжелые элементы из нижних областей периодической системы в основе своей состоят из «узлов эфира», имеющих различную форму. Наиболее пагубно на научные представления Кельвина повлияло то, что он так и не смог вписать в свою картину мира неудобные, даже устрашающие факты, связанные с радиоактивностью. Именно поэтому Мария Кюри однажды затащила его в чулан, чтобы он смог своими глазами посмотреть на сияющий в темноте элемент. Резерфорд, напротив, понял, что из-за радиоактивного распада в земной коре выделяется дополнительная теплота, что совершенно дискредитирует прежние теории о равномерном излучении земного тепла в космическое пространство.

Резерфорду не терпелось во всеуслышание объявить о своих идеях, и он решил прочитать лекцию в Кембридже. Но Кельвин, даже потерявший хватку, по-прежнему играл важную роль в научной политике. Если бы Резерфорд осмелился развенчать те расчеты, на которых этот патриарх сделал себе имя, то карьера Резерфорда могла оказаться под угрозой. Итак, новозеландец начал свое выступление осторожно, но, к счастью, сидевший в первом ряду Кельвин почти сразу же стал клевать носом. Резерфорд воспользовался этим и, не теряя времени, стал обрисовывать свои выводы. Но, как только он начал сотрясать основы работ Кельвина, старик взбодрился и стал внимательно следить за рассказом.

Отступать было некуда, и Резерфорд вдруг припомнил одно замечание, высказанное Кельвином в его книге. Эта мысль, выраженная в типичном «кабинетном» научном стиле, сводилась к тому, что расчеты возраста Земли верны, если *«никто не откроет дополнительные источники тепла»,* скрытые в глубинах планеты. Резерфорд упомянул об этом уточнении, отметив, что именно радиоактивность может быть этим скрытым источником тепла, и виртуозно сымпровизировал, заявив, что лорд Кельвин предвидел открытие радиоактивности уже несколько десятков лет назад. Ну не гений ли? Старик просиял и торжествующе взглянул на собравшихся. Он уже готов был считать Резерфорда болтуном, но не собирался отказываться от комплимента.

Резерфорд не возвращался к этой теме вплоть до смерти Кельвина, скончавшегося в 1907 году, а вскоре после этого доказал взаимосвязь между гелием и ураном. Теперь уже никакая научная политика не могла ему помешать – к этому времени сам Резерфорд уже стал живым классиком науки (а позже вошел в число тех немногих ученых, чьи имена увековечены в периодической системе – элемент № 104 называется резерфордием). Будущий лорд Резерфорд исследовал образец древней ураносодержащей породы, извлек из нее микроскопические пузырьки гелия и пришел к выводу, что Земля имеет возраст не менее 500 миллионов лет. Эта цифра более чем в двадцать пять раз превышала оценку Кельвина и отличалась от истинной величины всего на порядок. За дело взялись геологи, умевшие оценивать возраст пород гораздо лучше Резерфорда, и через несколько лет пришли к выводу, что, исходя из содержания гелия в уране, возраст Земли должен составлять как минимум два миллиарда лет. Эта цифра все-таки наполовину меньше верной, но благодаря крошечным пузырькам, засевшим в радиоактивных минералах, человек впервые смог оценить ошеломляющую древность Космоса.

После опытов Резерфорда поиск мельчайших вкраплений элементов в горных породах стал общепринятым методом. Особенно плодотворен такой метод с цирконом – минералом, содержащим цирконий. Как известно, цирконий – гроза ломбардов и беспроигрышный вариант для подделки драгметаллов.

По химическим причинам цирконы очень твердые – в периодической системе цирконий находится прямо под титаном, – и из него получаются отличные фальшивые алмазы, почти неотличимые от настоящих. В отличие от рыхлых пород, таких как известняки, цирконы сохранились со времени формирования нашей планеты и часто присутствуют в других минералах в виде крошечных прочных зерен. Благодаря их уникальной химии кристаллы циркона еще на этапе своего образования всасывали в себя рассеянный уран и заключали его в виде атомных пузырьков. В то же время цирконы отторгают свинец и выдавливают из себя атомы этого металла (как вы помните, в метеоритах протекает ровно противоположный процесс). Разумеется, от свинца они избавляются только до поры до времени, так как свинец является продуктом распада урана, но от таких глубоких свинцовых вкраплений циркону уже очень сложно избавиться. В результате любой свинец, обнаруженный внутри циркона, является продуктом распада урана. Читатель уже понимает, к чему я клоню: измеряя соотношение свинца и урана в цирконе, мы словно рисуем обратный график до нулевого года. Всякий раз, когда вы слышите или читаете в новостях, что «ученые обнаружили рекордно древнюю породу» – вероятно, в Австралии или в Гренландии, где цирконы сохранились лучше всего, – можете быть уверены, что при датировке использовались циркониево-урановые пузырьки.

В других научных областях изучение пузырьков также стало настоящей исследовательской парадигмой. Глазер начал экспериментировать со своей пузырьковой камерой в 1950-е годы. Примерно в то же время физики-теоретики, в частности Джон Арчибальд Уилер, стали выдвигать идеи о том, что на самом фундаментальном уровне Вселенная напоминает пену. По мнению Уилера, на этом уровне, состоящем из частиц, в миллиарды и триллионы раз меньших, чем атомы, «гладкое как стекло пространство-время, состоящее из атомного и субатомного миров, отступает… вместе с ним буквально исчезают привычные нам феномены “слева”, “справа”, “до”, “после”. Обычные представления о расстоянии исчезнут, обычные представления о времени испарятся. Я не могу подобрать для такого состояния более точного названия, чем “квантовая пена”». Согласно расчетам некоторых современных космологов, вся наша Вселенная возникла, когда из этой пены выскользнул единственный субмикронанопузырек и стал расширяться с экспоненциальной скоростью. Эта красивая теория многое объясняет, кроме, к сожалению, причины, по которой все это могло произойти.

Забавно, что интеллектуальная родословная уилеровской квантовой пены восходит к последнему великому представителю классической физики, изучавшей повседневный мир, – лорду Кельвину. Кельвин не изобретал «пенологию» – эта заслуга принадлежит слепому бельгийцу с подходящей фамилией (говорящей о незначительности результатов его трудов), Жозефу Плато. Но Кельвин много сделал для популяризации науки, рассказывая о том, как он мог бы потратить целую жизнь на изучение всего одного пузырька в мыльной пене. Кстати, эти слова были неискренними: в одном из лабораторных дневников Кельвина записано, что он в общем виде сформулировал свою пузырьковую теорию, нежась как-то утром в постели. Лорд написал на эту тему всего одну короткую статью. Однако сохранились чудесные истории о том, как этот седобородый викторианец возился у ванны с водой и глицерином, взбивая пену какой-то штуковиной, напоминавшей миниатюрный ковшик с пружиной. Получались целые рои пузырьков, среди которых попадались даже ***кубические,*** поскольку пружины на ковшике имели форму прямоугольных призм.

Кроме того, работа Кельвина дала науке серьезный импульс, вдохновила важные исследования, выпавшие на долю будущих поколений. Биолог Д'Арси Вентворт Томпсон применил теоремы Кельвина об образовании пузырьков в исследованиях клеточного развития, описав их в эпохальной книге «Рост и форма», опубликованной в 1917 году. Однажды эту книгу охарактеризовали как «самое изысканное литературное произведение в анналах науки на английском языке». Именно с этой книги началась современная клеточная биология. Более того, последние биохимические исследования позволяют предположить, что именно в пузырьках зародилась сама жизнь. Возможно, первые сложные органические молекулы образовались не в бурном океане, как принято считать в настоящее время, а в пузырьках воды, которые оказались заключены в огромных ледовых щитах – например, в Арктике. Вода довольно тяжела, и в процессе замерзания она сдавливает растворенные в пузырьках примеси – в частности, органические молекулы. Концентрация и степень сжатия пузырьков могла оказаться достаточно высокой, чтобы «слепить» из этих молекул самовоспроизводящиеся системы. Более того, природа по достоинству оценила потенциал такого замечательного фокуса и с тех пор активно эксплуатировала такие «пузырьковые чертежи». Независимо от того, где именно сформировались первые органические молекулы – в океане или в толще льда, – первые примитивные клетки определенно напоминали по форме пузырьки. Эти структуры охватывали молекулы ДНК и РНК, не допускали их разрушения или вымывания. Даже сегодня, спустя четыре миллиарда лет, органическая клетка весьма напоминает по форме обычный пузырек.

Работы Кельвина оказали определенное влияние и на военное дело. В годы Первой мировой войны еще один лорд – лорд Рэйли – взялся за решение актуальной военной проблемы. Он задался вопросом, почему винты подводных лодок так легко разрушались, хотя с дном лодки этого почти не происходило. Оказалось, что бешено вращающиеся винты порождают массу пузырьков, которые разрушают металлические лопасти примерно так же, как кариес разъедает зубы. Развивается коррозия. Изучение субмарин натолкнуло ученых на еще одно открытие в науке о пузырьках, хотя на тот момент оно казалось бесперспективным и даже сомнительным. В 30-е годы еще были очень свежи воспоминания о грозных немецких подлодках. Поэтому исследования, связанные с сонаром (фактически с движением звуковых волн в воде), в те времена велись не менее активно, чем впоследствии – работы в области радиоактивности. Как минимум две группы исследователей почти одновременно открыли, что если воздействовать на бак с горючим при помощи очень сильного шума – такого, как при гуле авиационного двигателя, – то возникающие в топливе пузырьки иногда будут лопаться и мерцать голубым или зеленым светом. Это явление немного напоминает раскусывание зеленых мятных конфет в темном чулане. Ученые в те годы слишком интересовались способами подрыва субмарин, поэтому никто по-хорошему не исследовал это

явление, названное «сонолюминесценцией». На протяжении полувека оно воспринималось как забавный научный фокус, передаваемый из поколения в поколение.

Возможно, никто так и не обратил бы на сонолюминесценцию никакого внимания, если бы однажды в середине 1980-х годов один коллега не начал насмехаться над физиком Сетом Паттерманом. Паттерман работал в Калифорнийском университете Лос-Анджелеса и занимался динамикой жидкостей – чертовски сложной дисциплиной. В некотором смысле можно утверждать, что современная наука больше знает об отдаленных галактиках, чем о потоках воды в канализации. Коллега подшучивал над Паттерманом, упрекая в невежестве, и даже отметил, что люди вроде Паттермана до сих пор не могут объяснить, каким образом звуковые волны превращают пузырьки в свет. Паттерман полагал, что явление сонолюминесценции – очередная городская легенда. Но, познакомившись с имевшимися немногочисленными исследованиями на эту тему, он забросил все свои прежние исследования и всерьез взялся за изучение мерцающих пузырьков[157].

Первые эксперименты Паттермана, посвященные решению этой проблемы, были восхитительно просты в техническом исполнении. Он поставил колбу с водой между двумя стереоколонками, издававшими очень высокий звук, как свисток браконьера[158]. В колбе находилась раскаленная проволока, порождавшая пузырьки, а звуковые волны захватывали их и заставляли словно «зависать» в воде. Далее начиналось самое интересное. Звуковые волны, как и обычные, имеют подошву и гребень, причем интенсивность волны на гребне значительно выше, чем на подошве. При низком давлении крошечные пузырьки сильно раздувались, как воздушные шарики. У основания звуковой волны образовывался мощный фронт высокого давления. Волна сжимала пузырьки до одной полумиллионной доли от их прежнего объема, с силой, превышавшей действие гравитации в сто миллиардов раз. Неудивительно, что при столь чудовищном давлении возникал такой призрачный свет. Удивительно то, что пузырьки не лопались, даже будучи сжаты практически до состояния сингулярности (термин из области астрономии и черных дыр). Но как только давление спадало, пузырьки вновь раздувались, как ни в чем не бывало. Потом пузырьки вновь сплющивались с огромной силой, мигали, и этот процесс повторялся тысячи раз за секунду.

Вскоре Паттерман обзавелся более изощренным оборудованием, значительно превосходившим по точности прежний импровизированный инструментарий. При этом он обратил свое внимание на периодическую систему элементов. Чтобы определить, что именно заставляет пузырьки мерцать, он стал экспериментировать с различными газами. Ученый установил, что, хотя пузырьки обычного воздуха давали красивые голубые и зеленые искры, чистый азот или чистый кислород не производили такого эффекта (хотя воздух на 99 % состоит из этих двух газов). При этом не имела значения ни чистота образцов газов, ни объем газа. Озадаченный Паттерман стал выкачивать из воздуха те газы, которые содержатся в нем в следовых количествах, и делать пузырьки из них. Наконец ученый нашел тот самый элемент-фонарик: им оказался аргон.

Это казалось странным, поскольку аргон – инертный газ. Более того, Паттерман и многие другие ученые, подключившиеся к решению этой проблемы, смогли добиться свечения лишь других, более тяжелых инертных газов – криптона и, особенно, ксенона. Под действием сонара ксенон и криптон сияли еще ярче, чем аргон. Получались своеобразные «звезды в банке» – пузырьки вспыхивали в воде, разогреваясь до температуры почти 20 000 °C – гораздо выше, чем на поверхности Солнца. Опять же, этот факт был поразительным. Ксенон и криптон часто применяются в промышленности для тушения пожаров и ней-

[157] Паттерман написал об увлечении сонолюминесценцией и о своих профессиональных опытах в этой области три статьи, которые вышли в февральском номере журнала *Scientific American* за 1995 год, майском номере журнала *Physics World* за 1998 год и августовском номере *Physics World* за 1999 год.

[158] Этот звук различают охотничьи собаки, но не слышат люди. – *Прим. пер.*

трализации реакций, вышедших из-под контроля. Но не было никаких причин полагать, что эти скучные инертные газы могут образовывать светящиеся пузырьки.

Тем не менее их инертность действительно оказалась незамеченным сокровищем. Кислород, углекислый газ и другие вещества, входящие в состав воздуха, могут использовать поступающую энергию сонара для деления молекул и для реакций друг с другом. В рамках сонолюминесценции эта энергия расходуется впустую. Но некоторые ученые полагают, что атомам инертных газов в условиях предельно высокого давления не остается ничего иного, кроме как впитывать эту энергию. Поскольку пузырьки криптона и ксенона не могут избавиться от этой энергии химическими способами, они излучают ее в виде света. В данном случае химическая инертность благородных газов может быть разгадкой сонолюминесценции. Так или иначе, сонолюминесценция заставляет нас полностью пересмотреть наши представления о том, что такое «инертный газ».

К сожалению, некоторые ученые (и Паттерман в том числе) не смогли устоять перед соблазном и попытались покорить эту энергию. Они связали эту тонкую науку о пузырьках с холодным термоядерным синтезом – ярчайшим образцом извечной патологической науки. (Возникающая высокая температура не

позволяет приравнивать это явление к холодному термоядерному синтезу). Достаточно долго ученые усматривали зыбкую ассоциативную связь между изучением пузырьков и термоядерным синтезом. Отчасти такая ассоциация была вызвана работами Бориса Владимировича Дерягина, крупного советского физикохимика, исследовавшего стабильность пен и искренне верившего в возможность холодного термоядерного синтеза. Рассказывают, что однажды Дерягин поставил немыслимый эксперимент, как будто в пику Резерфорду, – он пытался запустить в воде холодный термоядерный синтез, стреляя туда из автомата Калашникова.

Такая сомнительная связь между сонолюминесценцией и холодным термоядерным синтезом (соносинтез) стала темой одной статьи, которая была опубликована в 2002 году в журнале ***Science.*** Речь в ней шла о весьма противоречивой идее создания ядерного реактора, в основе работы которого лежал принцип соносинтеза. Правда, в этом же номере журнала содержалась редакторская статья, в которой руководство журнала признавало, что многие авторитетные ученые считают работу о соносинтезе небезупречной, если не сказать – порочной. Даже сам Паттерман не рекомендовал журналу затрагивать эту тему. Тем не менее, ***Science*** опубликовал эту работу (возможно, чтобы любой желающий мог купить номер журнала и разобраться, в чем заключается весь сыр-бор, связанный с соносинтезом). Позже ведущий автор этой статьи подвергся публичному порицанию в Палате представителей США за подтасовку фактов.

К счастью, у пузырьковой науки был достаточно серьезный базис, позволивший легко перенести этот дискредитирующий эпизод[159]. Физики, занимающиеся поисками альтернативных источников энергии, уже моделируют при помощи пузырьков сверхпроводники. Врачи называют ВИЧ пенообразующим вирусом, поскольку зараженные им клетки раздува-

---

[159] Один из теоретических прорывов в области исследования пузырьков интересным образом отразился на проведении летней Олимпиады в Пекине. В 1993 году два физика из дублинского Университета Тринити, Роберт Фелан и Деннис Уэйр, нашли новое решение «задачи Кельвина». Проблема сводится к тому, как получить пузырьковую пенообразную структуру с минимально возможной площадью поверхности. Кельвин предлагал создать пену из четырнадцатигранных пузырьков. Но ирландский тандем нашел более удачное решение, скомбинировав двенадцатигранники с четырнадцатигранниками. В результате площадь поверхности пены удалось сократить на 0,3 %. Архитектурная компания, занимавшаяся оформлением пекинской Олимиады-2008, обратилась к работе Фелана и Уэйра, создав в Пекине «Водяной куб» – национальный плавательный комплекс, где блистал Майкл Фелпс.Чтобы меня не обвинили в пристрастии к пузырькам, вкратце упомяну еще об одной области исследований, которая развивается в наши дни, – это наука об «антипузырьках». В отличие от пузырьков – тонких жидкостных сфер, в которых заключен воздух, – антипузырьки представляют собой воздушные сферы, где находятся мельчайшие капли жидкости. Естественно, антипузырьки не всплывают, а тонут.

ются. Энтомологам известны пауки, которые используют пузырьки в качестве водолазного колокола, чтобы дышать под водой, а орнитологи

установили, что металлический блеск перьев павлина связан с преломлением света в крошечных пузырьках. Следует особо отметить еще одно открытие в области изучения продовольствия, сделанное в 2008 году. Студенты из Аппалачского государственного университета наконец определили, почему диетическая кола взрывается, если в нее бросить конфетку Mentos. Все дело в пузырьках. Зернистая поверхность Mentos действует как своеобразная сетка, захватывающая мельчайшие пузырьки и объединяющая их в более крупные. В какой-то момент несколько огромных пузырей лопаются, и струя жидкости выстреливает вверх на несколько метров. Несомненно, это открытие было одним из самых зрелищных достижений в пузырьковой науке с тех самых пор, как Дональд Глазер вглядывался в свое светлое пиво и мечтал о том, как он совершит переворот в таблице Менделеева.

18. Уморительно точные инструменты

Вспомните самого противного преподавателя естественных дисциплин, который когда-либо у вас был. Того самого, который безжалостно снижал оценку, если шестой знак после запятой в вашем ответе был округлен неправильно, у которого на футболке красовалась таблица Менделеева, который поправлял каждого, кто по недомыслию говорил «вес» вместо «масса». Еще он заставлял всех надевать защитные лабораторные очки, даже если требовалось размешать сахар в стакане. А теперь представьте человека, который даже такому учителю показался бы невыносимо дотошным. Люди именно такого сорта работают в бюро стандартов и метрологии.

В большинстве стран есть подобные учреждения, перед сотрудниками которых стоит задача измерить *решительно все* – от того, какова точная длительность секунды, до того, при каком содержании ртути в говяжьей печени эту печень допускается употреблять в пищу (она очень низкая, если верить американскому Национальному институту стандартов и технологий). Для ученых, работающих в бюро по стандартизации, измерения – не просто практическая деятельность, обеспечивающая существование науки, они практически приравнивают науку к измерениям. Прогресс в любых научных дисциплинах, от пост-эйнштейновской космологии до астробиологических поисков внеземной жизни, зависит от нашего умения производить все более точные измерения, опираясь на все более ничтожные крупицы информации.


43
K1
8(41)
47
7
32

В центре расположен международный эталон килограмма – цилиндр диаметром 39 мм, состоящий из платины и иридия. Эталон килограмма постоянно находится под тремя стеклянными колпаками, сложенными по принципу матрешки. В ячейке, где находится эталон килограмма, тщательно контролируется температура и влажность. Вокруг находится шесть его официальных копий, каждая под двумя стеклянными колпаками. Копии изготовлены с разрешения МБВМ, которое обладает официальными авторскими правами на килограмм

По причинам исторического характера (многие великие деятели французского Просвещения были страстными метрологами) Международное бюро мер и весов находится поблизости от Парижа. Оно задает стандарты для всех остальных бюро стандартов в мире, гарантируя, что все «франшизы» соответствуют эталонам. Одно из самых исключительных достижений этого бюро – создание эталона килограмма. Эталон килограмма представляет собой цилиндр, на 90 процентов состоящий из платины, имеющий высоту 39 миллиметров. Масса этого цилиндра по определению составляет 1,000000000… (еще сколько угодно нулей) килограмм.

Поскольку эталон килограмма – это физическое тело (которое можно повредить), а также потому что эталон должен оставаться постоянным, МБМВ должно гарантировать, что это цилиндр никогда не будет поцарапан, на него не сядет ни пылинки, не исчезнет (бюро на это рассчитывает!) ни единый атом! Если произойдет что-либо подобное, то масса эталона может взлететь до 1,0000000… 1 кг или, наоборот, рухнуть до 0,9999999…9 кг. Сама возможность такого происшествия не дает спокойно спать сотрудникам бюро стандартов. Поэтому они, как няньки, постоянно отслеживают температуру и давление в ячейке, чтобы исключить малейшее расширение или сжатие – любое возмущение, которое могло бы потревожить атомы. Поверх эталона установлено три стеклянных колпака, которые должны предотвратить конденсацию влаги на цилиндре и образование тончайшей водяной пленки на его поверхности. Килограмм изготовлен из металлов с очень высокой плотностью, – платины и иридия – чтобы минимизировать поверхностную площадь эталона, соприкасающуюся с тем грязным воздухом, которым мы дышим. Кроме того, платина превосходно проводит электричество, поэтому на эталоне почти не накапливается «паразитическое» статическое электричество, которое могло бы притянуть к цилиндру лишние залетные атомы.

Наконец, исключительная твердость платины сводит к минимуму вероятность возникновения случайных царапин в тех редких ситуациях, когда люди все-таки прикасаются руками к эталону килограмма. В других странах нужны собственные 1,00000000… -килограммовые цилиндры, чтобы не приходилось летать в Париж всякий раз, когда требуется измерить точный вес какого-либо предмета. Поскольку ***эталон*** килограмма находится именно во Франции, все национальные эталоны должны сравниваться с ним. Так, США обладают цилиндром К20 (то есть двадцатой официальной копией), который хранится в государственном учреждении в штате Мэриленд. По словам Зейны Джаббур, руководительницы отдела по работе с массой и силой Национального института стандартов и технологий, с 2000 года этот образец калибровался лишь однажды, причем это было сделано в рамках другой калибровки. Но калибровка – это многомесячный процесс, а новые требования по соблюдению безопасности, принятые в 2001 году, превратили доставку К20 в Париж (на самолете) в изрядную проблему. «На протяжении всего полета нам приходилось носить наш эталон на руках, – вспоминает Джаббур, – можете себе представить, как сложно пронести в аэропорту металлический слиток через все службы безопасности, постоянно внушая сотрудникам, что прикасаться к эталону нельзя». Ведь даже когда приходилось открывать в «пыльном аэропорту» специальный кейс, в котором хранится национальный эталон килограмма, это могло повредить цилиндр, «ну а если бы кто-нибудь до него дотронулся, то о калибровке можно забыть».

Как правило, МБВМ использует для калибровки национальных эталонов одну из шести официальных копий килограмма (каждая из них хранится под двумя стеклянными колпаками). Но официальные копии также должны быть сверены со стандартом. Поэтому раз в несколько лет ученые достают килограмм из ячейки. (Разумеется, это делается при помощи щипцов, специалисты надевают латексные перчатки. Конечно, дело не в том, что они боятся оставить отпечатки, а в том, что более распространенные перчатки, покрытые тальком, могут оставить пыль. Наконец, эталон нельзя слишком долго держать в руках, поскольку из-за этого он может нагреться – и вся работа пойдет насмарку.) Таким образом, эталоны калибровки тоже калибруются[160]. В ходе всех калибровок, выполненных в 1990-е годы, ученые с тревогой заметили, что эталон килограмма потерял за последние несколько десятилетий почти целый вес отпечатка пальца (!), то есть терял до половины микрограмма в год. Это странное явление пока не удается объяснить, даже с поправкой на то, что при прикосновении к эталону от него могут отлетать какие-то единичные атомы.

Когда стало очевидно, что поддерживать массу эталона килограмма неизменной не удается – это действительно так, – вновь начались дискуссии о том, что этот цилиндр пора вывести из употребления. На самом деле, это голубая мечта всех ученых, буквально зациклившихся на работе с цилиндром. Наука во многом обязана своим прогрессом, достигнутым с 1600 года до наших дней, именно тому, что ученые по мере возможности старались объективно смотреть на окружающий мир, не поддаваясь принципу «человек – мера всех вещей». Этот прием именуется принципом Коперника или, менее образно, принципом заурядности. Килограмм является одной из семи основных единиц измерения, которые пронизывают все научные дисциплины. В настоящее время уже неприемлемо, чтобы эталоном столь важной единицы был артефакт, изготовленный человеком, особенно если такой эталон может таинственным образом уменьшаться.

Английское бюро национальных стандартов выступило с амбициозным заявлением: каждая универсальная единица должна быть такой, чтобы ученый мог переслать по электронной почте определение этой единицы коллеге на другой континент, а коллега мог легко сам получить ее эталон, просто воспользовавшись параметрами, указанными в письме. Эталон килограмма не соответствует этому требованию, и никому пока не удалось определить эту единицу точнее, чем при помощи невысокого блестящего кованого цилиндра, хранящегося в Париже. Конечно, предлагались и другие варианты выведения эталона килограмма, но они практически неприменимы на практике, так как требуют либо подсчитывать триллионы атомов, либо выполнять измерения, слишком точные даже для самых современных инструментов. Невозможность решения этой проблемы с килограммом – так, чтобы ни утяжелить, ни облегчить эталон ни на самую малость, – вызывает все большее беспокойство и раздражение в международных масштабах, как минимум среди дотошных метрологов.

---

[160] Если требуется выполнить новую калибровку национального эталона килограмма, представители государства должны по факсу отправить официальное заявление, в котором будет следующая информация: 1) подробное описание того, как килограмм будет транспортироваться через службы безопасности аэропорта и французскую таможню, и 2) уточнение того, когда МБВМ должно вымыть эталон – до или после выполнения измерений. Эталон килограмма моют в ацетоне (основа жидкости для снятия лака с ногтей), а потом насухо вытирают безворсовой марлей. После мытья и после каждого употребления сотрудники МБВМ на несколько дней оставляют килограмм в покое, чтобы он стабилизировался, лишь потом к нему вновь можно прикасаться. С учетом всех циклов очистки и измерения процедура калибровки вполне может растянуться на месяцы.Интересно, что США обладает двумя копиями эталона килограмма – К4 и К20. Копия К20 считается официальной по той простой причине, что она находится во владении США дольше, чем К4. Кроме того, в США есть еще три совершенно неофициальных эталона килограмма, два из которых были приобретены Национальным институтом стандартов и технологий в течение последнего времени. Они выполнены из нержавеющей стали, поэтому гораздо крупнее, чем платиново-иридиевые эталоны. Имея эти стальные цилиндры, а также учитывая все проблемы, связанные с доставкой эталонов в Париж по воздуху, Зейна Джаббур не спешит везти К20 в Париж. Калибровка по стальному эталону на практике тоже вполне приемлема.В течение прошлого века МБВМ трижды приказывало свезти в Париж все национальные эталоны килограммов для контрольной калибровки, но в ближайшем будущем этого делать не планируется.

Проблема стала тем более острой, когда килограмм остался единственной единицей измерения, чей эталон имеет искусственное происхождение. На протяжении большей части XX века в Париже хранился эталон метра – платиновый стержень, имевший длину 1,000000000… метра. Но в 1960 году ученые дали новое определение метра, обозначив эту единицу как 1 650 763,73 длины волны оранжевого света, проходящего через атом криптона-86. Это расстояние практически идентично длине старого доброго стержня, но теперь платиновый эталон метра уже устарел, поскольку длина волны оранжевого света в любом атоме криптона в вакууме всегда остается одинаковой. Такое определение можно переслать по электронной почте. С тех пор ученые-метрологи предложили еще одно определение метра: это расстояние, которое свет проходит в вакууме за 1/299 792 458-ю долю секунды.

Аналогично, официальным определением секунды считалось время, за которое Земля преодолевает путь в 1/31 556 992 околосолнечной орбиты (это 365,2425 суток). Но нашлись некоторые неудобные факты, из-за которых пришлось отказаться от этого стандарта. Длина года – не календарного, а астрономического – разная при каждом обороте Земли вокруг Солнца. Виной тому приливы, которые постепенно искривляют земную орбиту и замедляют планету. Чтобы скорректировать эту неточность, метрологи раз в три года добавляют к календарю корректировочную секунду. Это происходит в полночь 31 декабря, когда ее обычно никто не замечает. Но корректировочные секунды – это некрасивое, временное решение. Специалисты американского бюро стандартов решили, что не стоит привязывать единицу времени, претендующую на универсальность, к периоду обращения крохотной планетки вокруг заурядной звезды. Поэтому были изобретены атомные часы, в основе работы которых лежит радиоактивный распад цезия.

Механизм работы атомных часов связан с тем самым процессом стремительного подъема и спуска возбужденных электронов в атоме, который уже обсуждался выше. Но атомные часы также используют и более незаметные движения, укладывающиеся в «тонкую структуру» электрона. Если обычный прыжок электрона напоминает изменение голоса вокалиста, который пел ноту «соль» и сразу перешел на ноту «соль» другой октавы, то движение в рамках тонкой структуры напоминает изменение высоты с «соль» до «соль-диез». Проявления тонкой структуры наиболее заметны в магнитном поле и обычно обусловлены факторами, которые можно смело игнорировать, если только вы не изучаете исключительно сложный университетский курс физики. Речь идет о магнитных взаимодействиях между протонами и электронами либо о поправках, которые делаются с учетом эйнштейновской теории относительности. С учетом всех этих мельчайших поправок[161] электрон оказывается после прыжка чуть ниже (соль-бемоль) или чуть выше (соль-диез), чем ожидалось.

Электрон «решает», какой прыжок сделать, на основании присущего ему спина. Поэтому электрон не может сразу перескочить с «диеза» на «бемоль». Он обязательно прыгает либо вверх, либо вниз. В атомных часах, напоминающих длинные и тонкие трубки пневмопочты, магнит вытесняет все атомы цезия, внешние электроны которого прыгнули на уровень, соответствующий, скажем, «соль-бемолю». В трубке остаются лишь такие атомы, электроны которых соответствуют «соль-диезу». Эти атомы собираются в специальную камеру, где возбуждаются под действием интенсивного микроволнового излучения. В результате электроны «подскакивают» (то есть поднимаются вверх и падают вниз), излучая при этом фотоны. Каждый прыжок очень упругий, и на него всегда уходит один и

[161] Если быть точным, в основе работы цезиевых часов лежит явление *сверхтонкого расщепления* электронов. Тонкое расщепление электронов можно сравнить с полутоновым интервалом в музыке, а сверхтонкое – с разницей в четверть или даже в восьмую часть тона.В наши дни цезиевые часы остаются мировым стандартом отсчета времени, но на практике их все чаще заменяют рубидиевыми часами, поскольку они компактнее цезиевых и их удобнее перевозить. Рубидиевые часы часто доставляют в разные уголки планеты для сравнения и координации стандартов времени в разных регионах мира, точно как международный эталон килограмма.

тот же (исключительно краткий) период времени. Поэтому атомные часы могут измерять время, просто подсчитывая фотоны. На самом деле, даже не важно, какие атомы вы будете вытеснять – соль-диезные или соль-бемольные, но вы обязательно должны их разделить, поскольку прыжки на разные уровни требуют разного количества времени. Для метрологов такая неточность неприемлема.

Цезий оказался очень удобным материалом для «заводной пружины» в атомных часах, поскольку на внешнем уровне атома этого элемента находится всего один электрон, рядом с ним нет других электронов, которые могли бы его прикрывать. Громоздкие и тяжелые атомы цезия – удобные мишени для мазера, который заставляет их вибрировать. Однако даже в крупном цезии внешний электрон отличается прыткостью. Он успевает совершить за секунду не десятки, не тысячи, а 9 192 631 770 колебаний. Ученые остановились на этой неуклюжей величине, а не, скажем, на 9 192 631 769 или 9 192 631 771, так как именно в 9 192 631 770 колебаний была оценена точная длительность секунды еще в 1955 году, когда были сконструированы первые цезиевые атомные часы. Как бы то ни было, в настоящее время величина 9 192 631 770 считается фиксированной. Единица времени стала первым эталоном, точное значение которого стало возможно переслать по электронной почте. Именно после получения такого универсального определения секунды человечество уже в 1960 году отказалось от платинового эталона метра.

В 1960-е годы научное сообщество признало цезиевый стандарт в качестве механизма универсального отсчета времени.

Хотя этот стандарт и оказался полезен для науки, значительно повысив точность измерения времени, человечество тем не менее что-то потеряло, перейдя на него. Ведь со времен цивилизаций Древнего Египта и Вавилона для измерения времени и записи важнейших событий люди ориентировались на движение звезд и смену времен года. Цезий разорвал эту нить, связывавшую нас с небесами, подобно тому как уличные фонари в больших городах затмили созвездия. Цезий – отличный элемент, но он лишен мифического очарования, присущего Луне или Солнцу. Кроме того, даже основной аргумент в пользу перехода на цезий – универсальность, с которой электроны в атоме цезия вибрируют в любом уголке Вселенной, – также может оказаться не столь бесспорным.

* * *

Любовь математика к переменным сравнима только с любовью естествоиспытателя к константам. Заряд электрона, сила гравитации, скорость света – независимо от эксперимента и окружения, в котором он проводится, никогда не изменяются. Если бы они изменялись, ученым пришлось бы забыть о точности, которая отличает естественные науки от гуманитарных, например от экономики, в рамках которых человеческие причуды, а порой откровенный идиотизм не позволяют формулировать универсальные законы.

Еще более привлекают ученых фундаментальные константы – самые абстрактные и универсальные. Разумеется, численное значение размера или скорости частицы изменится, если мы вдруг решим, что метры должны стать длиннее, а килограммы – легче (хм). Но фундаментальные константы не зависят от измерений. Подобно л, они являются чистыми неизменными числами и, опять же, подобно л, фигурируют в самых разных контекстах. Кажется, что у таких феноменов должно быть предельно логичное объяснение, но найти его так и не удается.

Самая известная безразмерная константа – это постоянная тонкой структуры, описывающая тонкое расщепление электронов. Она определяет, как отрицательно заряженные электроны связываются с положительно заряженным ядром. Кроме того, от нее зависят силы некоторых ядерных процессов. На самом деле, если бы постоянная тонкой структуры (далее

я буду именовать ее «альфа», так ее предпочитают называть ученые) сразу после Большого взрыва оказалась чуть меньше, то ядерный синтез в недрах звезд никогда не разогрел бы их настолько, чтобы там мог образоваться углерод. Напротив, если бы значение альфа было чуть выше, то все атомы углерода распались бы давным-давно, задолго до того, как оказались бы в наших организмах. Ученые благодарны природе за то, что значение альфа-константы оказалось в крохотном промежутке между этими атомными Сциллой и Харибдой, однако этот факт очень их озадачивает, поскольку никому не удается объяснить столь поразительное совпадение. Даже знаменитый физик Ричард Фейнман, убежденный и неисправимый атеист, однажды выразился о постоянной тонкой структуры так: «Любой хороший физик-теоретик записывает ее на стене и думает над ее значением… одной из величайших проклятых тайн физики: магическое число, которое приходит к нам без объяснения. Можно сказать, что это число писала “рука Бога” и мы не знаем, что двигало его карандашом».

Люди постоянно пытались расшифровать эти научные письмена, напоминающие таинственное «мене, мене, текел, упарсин»[162]. Английский астроном Артур Эддингтон, который в 1919 году во время солнечного затмения первым экспериментально подтвердил эйнштейновскую теорию относительности, очень интересовался альфа-константой. Следует упомянуть, что у Эддингтона была склонность, более того – талант к занятиям нумерологией[163]. По состоянию на начало XX века значение альфа-константы считалось равным 1/136, и Эддингтон принялся составлять «доказательства» того, что альфа равна именно 1/136 – отчасти потому, что усматривал математическую связь между числами 136 и 666. Один коллега-ученый даже саркастически предложил переписать Откровение Иоанна Богослова с учетом этого «открытия». Более поздние измерения показали, что значение альфа ближе к 1/137, но Эддингтон как ни в чем не бывало добавил в свою формулу единицу и продолжал делать вид, что его нумерологический замок из песка отнюдь не рассыпался (из-за этого он получил прозвище сэр Артур Плюс Один). Позже один знакомый застал Эддингтона в гардеробе в Стокгольме и с огорчением наблюдал, как сэр Эддингтон требовал, чтобы его шляпу повесили на крючок номер 137.

---

[162] В библейском мифе о пире Валтасара эти таинственные слова огненными буквами выступили на стене царских покоев. Пророк Даниил объяснил их как знак скорой гибели царя Валтасара и заката его царства. В переносном смысле фраза «мене, текел, упарсин» употребляется как синоним грозного предзнаменования. – *Прим. пер.*

[163] Примерно в то же время, когда Эддингтон исследовал константу альфа, великий физик Поль Дирак взялся за популяризацию идеи об изменчивых константах. На атомном уровне электрическое притяжение между протонами и электронами превращает гравитационное притяжение между ними в микроскопическую величину. Эта разница составляет около 10^{40} – непостижимые 10 000 триллионов триллионов триллионов раз. Кроме того, Дирак интересовался тем, как быстрые электроны проносятся через атомы, и сравнивал эти доли наносекунды со временем, которое требуется лучам света для пересечения всей Вселенной. О чудо! – эта разница также оказалась равной 10^{40}. Неудивительно, что чем более пристально Дирак изучал эту проблему, тем более явными становились подобные соотношения: размер Вселенной по сравнению с размером электрона, масса Вселенной по сравнению с массой протона и т. д. Кроме того, Эддингтон также высчитал, что общее количество протонов и электронов во Вселенной составляет 10^{40} в степени 10^{40}. Дирак и другие физики пришли к выводу, что существует какой-то неизвестный физический закон, благодаря которому все эти соотношения оказываются одинаковыми. Единственная проблема заключалась в том, что в основе некоторых соотношений лежали изменяющиеся величины – например, размер расширяющейся Вселенной. Чтобы сохранить равенство этих соотношений, Дирак предложил радикальную идею: возможно, гравитационная сила со временем ослабла. Единственный вариант непротиворечивого объяснения этого феномена заключался в том, что гравитационная постоянная g уменьшилась.Идеи Дирака достаточно быстро были признаны несостоятельными. Среди важнейших его просчетов, на которые указывали другие ученые, был и следующий: яркость звезд тесно связана с величиной g, *и* если допустить, что в прошлом g была значительно выше, то на Земле бы не было океанов – они бы просто выкипели под действием аномально яркого Солнца. Но поиски Дирака вдохновили других исследователей. На пике этих исследований в 1950-е годы один ученый даже предположил, что все фундаментальные константы постепенно уменьшаются. Это, в свою очередь, означало бы, что не Вселенная увеличивается, как принято считать, а напротив, Земля и сами люди уменьшаются! Вся история с изменчивыми константами напоминала историю алхимии: даже если допустить, что в рамках алхимии ставились настоящие научные эксперименты, их очень сложно отделить от мистицизма. Ученые порой вспоминают об изменчивых константах, когда требуется объяснить те или иные космологические тайны, возникающие с наступлением новых эпох в развитии науки. Например, одной из таких тайн является гипотеза ускоряющейся Вселенной.

В настоящее время считается, что значение альфа равно примерно 1/137,0359. Как бы то ни было, именно благодаря этой константе на свете есть периодическая система элементов. Эта константа обеспечивает не только существование атомов, но и позволяет им достаточно активно взаимодействовать, образуя химические соединения. Дело в том, что электроны никогда не блуждают слишком свободно и в то же время не находятся в совершенно неразрывной связи со своими атомами. Такой идеальный баланс наталкивает многих ученых на вывод о том, что столь точная константа не могла возникнуть во Вселенной по чистой случайности. Богословы выражаются более недвусмысленно и заявляют, что существование альфа-константы доказывает факт творения – якобы Создатель «запрограммировал Вселенную» таким образом, чтобы в ней могли существовать молекулы, а впоследствии развилась жизнь. Именно поэтому в 1976 году внимание всего научного мира оказалось приковано к личности советского ученого Александра Шляхтера (в настоящее время Шляхтер – уже американский ученый). Шляхтер исследовал одно удивительное место в Африке под названием Окло и заявил, что альфа, фундаментальная и неизменная константа Вселенной, в Окло увеличивается.

Окло – это чудо галактического масштаба: единственный ***естественный ядерный реактор,*** известный науке. Он зародился около 1,7 миллиарда лет назад, и, когда в 1972 году французские шахтеры обнаружили в Габоне это место, в науке поднялся настоящий переполох. Некоторые ученые утверждали, что Окло просто не может существовать, тогда как отдельные маргинальные околонаучные группы видели в Окло «доказательство» в пользу эксцентричных надуманных теорий. В частности, они рассуждали о существовании в Африке древних высокоразвитых цивилизаций либо о том, что в незапамятные времена здесь разбился инопланетный космический корабль на ядерном топливе. Физики-ядерщики определили, что ядерный реактор в Окло образовался из совершенно естественных компонентов: урана, воды и синезеленых водорослей (тины). Честно. Оказалось, что мелкие водоросли, пышно растущие в реке близ Окло, в процессе фотосинтеза производят огромное количество кислорода. Из-за этого вода в реке становится настолько кислой, что проникает сквозь речное дно и вымывает из речного русла соединения урана. В те времена, когда образовался Окло, в природном уране содержалось значительно больше редкого изотопа уран-235, который нужен для запуска реакции в атомной бомбе – порядка 3 % против нынешних 0,7 %. В те времена вода здесь уже текла, подземные водоросли фильтровали ее, и в одном месте концентрировались все более крупные запасы урана. В какой-то момент они достигли критической массы.

Критическая масса – важный, но не единственный фактор для запуска ядерной реакции. Чтобы началась цепная реакция, ядра урана должны не просто бомбардироваться нейтронами, но и поглощать их. При ядерных реакциях, связанных с распадом чистого урана, атомы выстреливают «быстрые» нейтроны, которые бьют по окружающим атомам, как камень, скачущий по

поверхности воды. Обычно в природе такие быстрые нейтроны не оказывают заметного эффекта, «пропадают впустую». Естественный реактор в Окло смог образоваться лишь по той причине, что текущая вода довольно сильно замедляла нейтроны, и атомы урана успевали их поглощать. Без воды реакция так бы и не началась.

Но и это еще не все. Как известно, при ядерном распаде выделяется тепло. И огромный ядерный кратер в Африке до сих пор не образовался лишь потому, что, когда уран разогревался, вода начинала выкипать. Без воды нейтроны ускорялись, поглощать их становилось сложнее, и реакция останавливалась. Когда уран остывал, вновь просачивалось достаточное количество воды, нейтроны снова начинали замедляться, и реакция возобновлялась. Возник своеобразный саморегулирующийся ядерный гейзер. Таким образом, реактор действовал в общей сложности около 150 тысяч лет, за это время он переработал около 6,5 тонны урано-

вой руды в шестнадцати небольших месторождениях в районе Окло. Каждая ядерная реакция в Окло продолжается примерно 150 минут, затем на такое же время реактор затихает.

Как же ученым удалось воссоздать эту историю, произошедшую 1,7 миллиарда лет назад? При помощи элементов. Химические элементы основательно перемешаны в земной коре, поэтому концентрация отдельных изотопов элемента повсюду должна быть примерно одинаковой. В Окло содержание урана-235 оказалось на 0,003-0,3 % ниже нормы – огромная разница. Но как выяснилось, что Окло имеет естественное происхождение, а не является остатком древнего склада контрабанды для коварных террористов? Дело в том, что здесь в изобилии встречаются и практически бесполезные элементы – например, неодим. Здешний неодим в основном состоит из трех изотопов с четной атомной массой – 142, 144 и 146. Урановые ядерные реакторы производят гораздо больше изотопов неодима с нечетной атомной массой. Действительно, когда ученые проанализировали концентрацию изотопов неодима в Окло и вычли из полученных результатов изотопы естественного происхождения, доля «нечетных» атомов неодима здесь оказалась примерно такой, как и в искусственном ядерном реакторе. Поразительно.

Тем не менее, хотя уровень концентрации неодима совпал с ожидаемым, концентрация других элементов оказалась странной. Когда в 1976 году Шляхтер сравнил ядерные отходы Окло с отходами современных реакторов, оказалось, что в Окло содержится слишком мало некоторых изотопов самария. Само по себе это было не так удивительно. Но, опять же, ядерные реакции – это процессы, воспроизводимые с поразительной точностью. Не может быть, чтобы определенный элемент, например самарий, просто не образовался. Недостаток самария в породе подсказал Шляхтеру, что во времена возникновения Окло существовал еще какой-то неучтенный фактор. Решившись проверить невероятную гипотезу, он высчитал, что все несоответствия легко объясняются, если предположить, что на момент возникновения реактора в Окло постоянная альфа была чуточку ниже, чем сегодня. Шляхтер поступил, почти как индийский физик Бозе, который даже не пытался разгадать, почему его «неверные» уравнения, связанные с фотонами, столь многое объясняют; он просто знал, что нашел ответы. Проблема заключалась лишь в том, что альфа – это фундаментальная константа. По законам физики она ***не может*** варьировать. Перед сторонниками «тонкой настройки» встает еще более серьезная проблема; если альфа-константа когда-либо изменялась, то, вероятно, никто (или даже Никто) не корректировал ее, чтобы во Вселенной могла зародиться жизнь.

Учитывая серьезность проблемы, после 1976 года многие ученые пытались найти иное объяснение для связи между альфа-константой и Окло или оспорить эту связь. Изменения, которые приходилось регистрировать, были столь малы, а геологическая история за 1,7 миллиарда лет так фрагментарна, что, вероятно, никому не удастся разгадать тайну, связанную с возможной аномалией альфа-константы в Окло. Но, опять же, никогда не следует недооценивать потенциал научной идеи. Работа Шляхтера с изотопами самария разожгла научный интерес многих амбициозных физиков, жаждавших пересмотреть старые теории. В настоящее время ведутся активные исследования, призванные ответить на вопрос, могут ли изменяться физические константы. Серьезный стимул, подстегнувший такие работы, связан с осознанием следующего факта: даже если альфа-константа за последние 1,7 миллиарда лет изменилась «самую малость», то за первый миллиард лет существования Вселенной, в эпоху первозданного хаоса, подобные изменения этой константы могли быть гораздо значительнее. Кстати, ряд австралийских ученых, занимающихся исследованием межзвездных пылевых облаков и далеких звездных систем, называемых квазарами, заявляют, что, возможно, у них появились первые реальные доказательства изменчивости констант[164].

---

[164] Эти исследования подробно описаны в статье Джона Уэбба – одного из австралийских астрономов, работающих в

Квазары – это массивные ядра далеких галактик, разрывающие и пожирающие окружающие звезды. В этом процессе выделяются огромные количества энергии, ярчайшего света. Разумеется, когда астрономы регистрируют этот свет, они наблюдают события, не происходящие в реальном времени, а имевшие место давным-давно. Ведь свету требуется значительное время, чтобы пересечь всю Вселенную. Австралийские ученые исследовали, как гигантские бури, бушующие в межзвездных пылевых облаках, влияют на движение света древнейшего квазара. Когда свет пронизывает пылевое облако, газообразные элементы в этом облаке частично поглощают лучи света. Но в отличие от непрозрачных тел, которые вбирают в себя весь попадающий на них свет, эти газообразные элементы впитывают лишь те фотоны, которые движутся с определенными частотами. Более того, подобно атомным часам, элементы поглощают свет не в одном узком диапазоне, а сразу двух тонко расщепленных цветов.

Сначала австралийским ученым не удавалось найти в пылевых облаках элементы, подходящие для такого эксперимента. Оказалось, что большинство этих газообразных элементов «не заметили» бы изменений значения альфа, даже если бы оно колебалось ежедневно. Поэтому ученые задались вопросом, какие элементы обладают повышенной чувствительностью к значению альфа. Одним из таких элементов оказался хром. Чем меньше значение альфа могло быть в прошлом, тем более красные оттенки света должен был поглощать атом хрома, и тем меньше должно было оказаться пространство между его энергетическими уровнями, которые мы выше обозначили как «сольдиез» и «соль-бемоль». Анализируя подобный спектр хрома и других чувствительных элементов вблизи квазара и сравнивая эти результаты с данными опытов, проведенных в лабораторных условиях в наши дни, ученые смогли вычислить, изменилось ли значение константы альфа за время, отделяющее нас от вспышки квазара. Конечно же, как и все ученые, высказывающие неоднозначные предположения, наши австралийские исследователи выражаются о своих открытиях весьма завуалированно; например, они говорят, что «результаты измерений согласуются с гипотезой». Итак, по данным измерений австралийских ученых, значение константы альфа за последние 10 миллиардов лет изменилось примерно на 0,001 %.

Некоторые читатели наверняка подумали, что это просто смехотворное значение, чтобы из-за него вести научные диспуты. Разве можно представить себе, чтобы Билл Гейтс подбирал монетки на обочине? Но в данном случае величина изменения не так важна, как сама ***возможность*** подобного изменения фундаментальных констант[165]. Многие ученые оспаривают данные австралийских коллег, но, если результаты австралийцев подтвердятся, ученым придется переосмыслить всю теорию Большого взрыва. Ведь те законы природы, которые нам известны, вполне могли появиться позднее[166]. Если значение константы альфа

этой области. Статья вышла в апрельском выпуске журнала *Physics World* за 2003 год и называется Are the Laws of Nature Changing with Time? («Изменяются ли законы природы с течением времени?»). Кроме того, в 2008 году мне довелось взять интервью у Майка Мёрфи – коллеги Уэбба.

[165] В других экспериментах, связанных со значением константы альфа, ученые не раз задавались вопросом, почему физики из разных лабораторий во всем мире так и не могут окончательно согласовать скорость распада определенных радиоактивных атомов. Такие эксперименты совершенно просты, поэтому непонятно, из-за чего у разных исследовательских групп получаются разные результаты. Но подобная разница фиксируется при распаде атомов самых разных элементов: кремния, радия, марганца, титана, цезия и т. д.Ученые из Англии, попытавшиеся разрешить эту загадку, заметили, что несхожие результаты экспериментов по измерению скорости радиоактивного распада получены группами физиков, ставивших опыты в разные времена года. После этого английская группа выдвинула оригинальное предположение, согласно которому постоянная тонкой структуры может варьировать в зависимости от того, в какой точке околосолнечной орбиты находится Земля. Ведь в определенные периоды года Земля расположена ближе к Солнцу, чем в другие. Существуют и другие возможные объяснения, почему скорость распада радиоактивных атомов может периодически варьировать. Однако изменения константы альфа гораздо более интригующие. Было бы по-настоящему интересно узнать, может ли ее значение заметно варьировать даже в пределах нашей Солнечной системы!

[166] Невероятно, но как раз среди христианских фундаменталистов есть немало людей, которые ждут не дождутся от ученых доказательств в пользу изменчивости константы альфа. Если подробнее разобраться в математических основах

действительно меняется, то один лишь этот факт мог бы переформатировать всю эйнштейновскую физику, точно как работы Эйнштейна заставили пересмотреть физику Ньютона, а открытия Ньютона – забыть средневековую схоластику.

В следующем разделе мы обсудим, как изменчивость этого значения может произвести революцию и в еще одной сфере научных исследованиях – в поиске внеземной жизни.

В предыдущих главах мы уже не раз говорили об Энрико Ферми. Он умер от отравления бериллием после своих смелых экспериментов, а также получил Нобелевскую премию по химии за открытие трансурановых элементов, которого не совершал. Но было бы неправильно оставить у вас негативное впечатление об этом титане науки. Ученые во всем мире совершенно искренне уважают Ферми. В его честь назван элемент № 100, фермий. Кроме того, его считают последним великим ученым-универсалом, внесшим огромный вклад как в теоретическую, так и в экспериментальную физику. Ферми беспрестанно отмывал руки то от машинного масла, которым он смазывал приборы, то от мела, которым он выводил формулы на университетской доске. Ферми обладал дьявольски острым умом. В ходе научных диспутов коллегам Ферми то и дело приходилось убегать в рабочий кабинет, чтобы свериться со сложнейшими уравнениями для решения того или иного вопроса. Вернувшись, они порой обнаруживали, что нетерпеливый Ферми уже восстановил все уравнение с нуля и нашел ответ, который был им нужен. Однажды он поручил молодым сотрудникам высчитать, какой слой пыли (в миллиметрах) должен накопиться на окнах его лаборатории (лаборатория Ферми была знаменита своей запущенностью), чтобы вся эта пыль осыпалась на пол под действием собственного веса. Ответ нам неизвестен, в истории сохранился лишь забавный вопрос[167].

Но даже Ферми не мог найти ответ на один обманчиво простой вопрос. Как было сказано выше, многие философы изумляются кажущейся «тонкой настройке» Вселенной. Хочется поверить, что Вселенная специально создана такой, чтобы в ней могла существовать жизнь, поскольку определенные фундаментальные константы имеют «идеально подходящие» для этого значения. Более того, ученые издавна верили, что в космических масштабах Земля является довольно заурядной планетой. Эта вера сродни убеждению в том, что такая универсальная единица, как секунда, не должна быть привязана к скорости вращения Земли по околосолнечной орбите. Учитывая такую заурядность, а также тот факт, какое множество звезд и планет существует во Вселенной, плюс невероятно долгое время, истекшее с момента Большого взрыва (здесь мы абстрагируемся от каких-либо щекотливых религиозных проблем), напрашивается вывод, что Вселенная должна буквально кишеть жизнью.

этой константы, оказывается, в частности, что в формуле для ее определения учитывается скорость света. Существует довольно спекулятивное допущение, что если значение альфа в прошлом менялось, то могла меняться и скорость света. В настоящее время все, включая креационистов, уже соглашаются, что свет далеких звезд несет в себе определенные сведения о событиях, происходивших миллиарды лет назад (по крайней мере, может нести такую информацию). Чтобы объяснить вопиющие противоречия между этой информацией и хронологией, изложенной в книге Бытия, некоторые креационисты утверждают, что Господь создал Вселенную, в которой уже двигались потоки света. Якобы Он сделал это, чтобы испытать верующих и заставить их выбрать между Богом и наукой (подобные заявления делаются и относительно костей динозавров). Менее радикальных креационистов эта идея не устраивает, поскольку она выставляет Бога коварным и даже жестоким существом. Однако если в далеком прошлом скорость света была в миллиарды раз выше, проблема снимается. В таком случае Господь действительно мог создать всю Вселенную шесть тысяч лет назад, а наше незнание истинной природы скорости света и постоянной тонкой структуры не позволяет нам постичь эту истину. Необходимо отметить, что многие ученые, разрабатывающие проблемы изменчивости констант, приходят в ужас от того, что их работа допускает подобные трактовки. Так или иначе, исследования изменчивости констант продолжают бурно развиваться, а количество так называемых физиков-фундаменталистов в этой научной дисциплине очень невелико.

[167] Сохранилась знаменитая фотография, на которой Энрико Ферми изображен у доски, а на доске просматривается записанное им уравнение, определяющее постоянную тонкой структуры (альфа). Самое интересная деталь в данной фотографии заключается в том, что Ферми немного перепутал уравнение. Правильное тождество записывается так: $\alpha = e^2/\hbar c$, где е – заряд электрона, $\hbar$ – постоянная Планка (h), деленная на два π-, а c – скорость света. На фотографии записано равенство а = $\hbar^2/ec$. Неизвестно, действительно ли Ферми допустил здесь ошибку либо хотел просто подшутить над фотографом.

Но мы не только никогда не встречались с инопланетянами, но даже не получили от них ни единого сигнала. Однажды за обедом Ферми размышлял обо всех этих противоречивых фактах и вдруг воскликнул, словно обращаясь к коллегам: «Так где же они все?»

Коллеги дружно рассмеялись, а эта проблема называется с тех пор «парадоксом Ферми». Но другие ученые восприняли вопрос Ферми серьезно и предположили, что на него действительно можно найти ответ.

Самую известную попытку предпринял астрофизик Фрэнк Дрейк, сформулировавший в 1961 году ставшее знаменитым уравнение Дрейка. Уравнение Дрейка напоминает принцип неопределенности по количеству разнообразных толкований, которые мешают понять его истинный смысл. Вкратце можно сказать, что уравнение Дрейка – это ряд допущений: сколько звезд может существовать в галактике, какая доля этих звезд имеет планеты, похожие на Землю, какая часть из этих планет может быть не просто обитаема, но и населена разумными существами, какая часть подобных цивилизаций захочет выйти на контакт и т. д. Изначально Дрейк вычислил, что в нашей галактике должны существовать около десяти цивилизаций, способных к такому контакту[168]. Но, опять же, это была всего лишь догадка, которую многие ученые раскритиковали как бессмысленную спекуляцию. Например, как мы, земляне, можем проанализировать психологию инопланетян и определить, какая часть из них любит поболтать?

Тем не менее уравнение Дрейка очень важное: оно указывает, какие данные нужны астрономам, а также закладывает научную основу астробиологии. Возможно, наши потомки будут рассматривать это уравнение так же, как мы сегодня изучаем первые проекты периодической системы элементов. В последнее время значительно усовершенствовались телескопы и другие орбитальные измерительные устройства, у астробиологов появились мощные инструменты, позволяющие оперировать не только догадками. На самом деле, космический телескоп Хаббл и другие подобные приборы позволили извлечь такое огромное количество информации из самых скудных данных, что современные астробиологи могут сделать значительно более далеко идущие выводы, чем Дрейк. Им не приходится ждать, пока разумные инопланетные существа найдут нас или искать в космосе аналог Великой Китайской стены. Сегодня мы можем напрямую проанализировать доказательства присутствия жизни, даже безмолвной – например, микробов и растений. Для этого нужно искать определенные элементы, в частности магний.

Разумеется, магний не столь важен для существования жизни, как кислород или углерод. Но этот элемент, расположенный в периодической системе под номером 12, может быть

[168] Если вы хотите поближе познакомиться с уравнением Дрейка – предлагаю его ниже. Обозначим через N количество тех цивилизаций в галактике, которые, возможно, пытаются установить с нами контакт. В таком случае:$N=R^* \times f_p \times n_e \times f_1 \times f_i \times f_c \times L$где $R*$ – скорость звездообразования в нашей галактике, f_p – доля звезд, у которых есть планеты, n_e – среднее количество пригодных для жизни планет у одной звезды. f_1, f_i и f_c – это соответственно обитаемые планеты, планеты с разумной жизнью и планеты с такими цивилизациями, которые могут искать межпланетного контакта. L – это период времени, в течение которого инопланетная цивилизация может посылать сигналы в космос прежде, чем исчезнет.Первоначально Дрейк исходил из следующих расчетов. В нашей галактике ежегодно образуется 10 звезд ($R^* = 10$), у половины из этих звезд появляются планеты ($f_p = 1/2$), около каждой звезды имеется примерно два мира, пригодных для жизни ($n_e = 2$, хотя в нашей планетной системе таких миров около семи – Венера, Марс, Земля и некоторые спутники Юпитера и Сатурна). На одной из планет в каждой системе может развиться жизнь ($f_1 = 1$). Примерно на каждой сотой из этих планет разовьется разумная жизнь ($f_i = 1/100$), на одном проценте планет, *обладающих разумной жизнью,* цивилизация выйдет из каменного века и усовершенствуется настолько, что сможет посылать сигналы в космос ($f_c = 1/100$), причем такие попытки будут предприниматься на протяжении около 10 тысяч лет. Подставив в уравнение эти значения, получим около десяти цивилизаций, которые пытаются вступить в контакт с землянами.Мнения об этих значениях порой расходятся кардинально. Дункан Форган, астрофизик из Университета Эдинбурга, недавно пересчитал уравнение Дрейка методом Монте-Карло. Он ввел случайные величины для каждой переменной, а потом вычислил несколько тысяч результатов, чтобы найти наиболее вероятные значения. В то время, как у Дрейка получилось всего десять цивилизаций, которые могли бы искать контакта с нами, Форган насчитал 31 574 цивилизации только в нашей галактике. Соответствующая статья находится в Интернете по адресу http://arxiv.org/abs/0810.2222.

очень полезен для примитивных существ, так как обеспечивает превращение органических молекул в живые существа. Практически все живые существа используют в следовых количествах металлы, чтобы с их помощью синтезировать, хранить и обменивать энергетические молекулы. В биологии большинства современных животных важную роль играет гемоглобин, содержащий железо. Однако древнейшие и наиболее успешные с биологической точки зрения существа на нашей планете – синезеленые водоросли – используют для аналогичной цели не железо, а магний. Например, в центре молекулы хлорофилла находится атом магния. Хлорофилл – пожалуй, самое важное органическое вещество на нашей планете. Он обеспечивает фотосинтез, в процессе которого солнечная энергия превращается в сахара, основу всех пищевых цепей. В организме животных магний обеспечивает правильную работу ДНК.

Залежи магния на планете также указывают на наличие жидкой воды – наиболее подходящей среды для возникновения жизни. Соединения магния впитывают воду, как губка, поэтому даже на пустынных и скалистых планетах, таких как Марс, сохраняется шанс найти бактерии (или окаменелости бактериального происхождения) в районе таких залежей. На планетах, богатых водой (в Солнечной системе кроме Земли есть еще одно подобное небесное тело, одно из наиболее перспективных мест для поиска жизни – это Европа, спутник Юпитера), магний помогает поддерживать океан в жидком состоянии. Европа покрыта коркой льда, но подо льдом существует глубокий океан. Сегодня уже известно, что он очень богат солями магния. Как и любые растворенные вещества, соли магния снижают точку замерзания воды, поэтому она остается жидкой при сравнительно низких температурах. Кроме того, соли магния способствуют вулканической деятельности на скалистом дне. Соли увеличивают объем воды, в которой они растворены, обусловленное этим избыточным объемом давление питает вулканы. Вулканы извергают слабоминерализованную воду и перемешивают воду в океанических глубинах. Вдобавок под давлением поверхностный лед трескается, и пузырчатые льдины оказываются в воде. Как вы помните, пузырьки очень важны для зарождения жизни. Более того, соединения магния (наряду с соединениями некоторых других элементов) могут предоставлять сырье для развития жизни, так как вымывают богатые углеродом вещества из океанского дна. Мы пока не можем запустить на Европу зонд, а тем более, наблюдать размножение чужеродных форм жизни. Но обнаружение солей магния на голой безвоздушной планете – красноречивый признак того, что на ней могут происходить биологические процессы.

Но пока нет оснований полагать, что на Европе есть жизнь. Даже при том что охота за далекой внеземной жизнью в последнее время вышла на более сложный технологический уровень, она по-прежнему зиждется на огромном допущении: что та наука, которая описывает законы природы на Земле, действует и в других галактиках, а также действовала в далеком прошлом. Но если константа альфа с течением времени менялась, это могло коренным образом повлиять на возможность развития внеземной жизни. Исторически жизнь, пожалуй, не могла возникнуть до тех пор, пока значение константы не позволило бы сформироваться стабильным атомам углерода. После этого жизнь, вероятно, возникла достаточно легко, без всякого участия Создателя. А поскольку Эйнштейн определил, что пространство и время тесно взаимосвязаны, некоторые физики предполагают, что изменения константы альфа с течением времени допускают и подобные вариации в пространстве. То есть значение альфа может отличаться в разных областях космоса. Согласно этой теории, аналогично тому, что жизнь возникла на Земле, а не на Луне, по той причине, что на Земле есть вода и атмосфера, а на Луне их нет, возможно, жизнь возникла на непримечательной планете в этом отдаленном уголке космоса лишь потому, что именно здесь существуют подходящие для этого космологические условия, допускающие образование стабильных атомов и крупных молекул. В таком случае парадокс Ферми разрешается тривиально: космос молчит, так как там никого нет.

В настоящее время наука склоняется к признанию заурядности Земли. Наблюдения за гравитационными пертурбациями далеких звезд позволили астрономам открыть уже тысячи планет, поэтому вероятность найти жизнь на одной из них кажется довольно высокой. Тем не менее в астробиологии продолжается принципиальный спор, который, возможно, позволит выяснить, занимает ли Земля (а значит – и человечество) привилегированное место во Вселенной. Для поиска внеземной жизни потребуется весь метрологический гений нашей цивилизации, возможно, в этом нам помогут свойства одного из элементов периодической системы, который мы пока обходили вниманием. Мы можем быть уверены лишь в одном: если бы однажды ночью какой-то астроном направил телескоп на далекое звездное скопление и обнаружил там неопровержимые доказательства существования жизни, то это было бы величайшее из всех открытий в истории человечества. В конечном счете, оно бы доказало, что человеческий вид не уникален. Однако наш вид не только существует, но и мыслит, понимает, а значит, способен совершать подобные открытия.

19. За пределами периодической системы

Нижний край таблицы Менделеева овеян тайной. Высокорадиоактивные элементы редко встречаются в природе, поэтому люди склонны интуитивно полагать, что нестабильные, легко распадающиеся элементы и будут самыми редкими. Так, например, редчайшим элементом является в высшей степени неустойчивый франций, который встречается в земной коре только как промежуточный продукт. В естественной среде атомы франция распадаются быстрее, чем атомы любого другого элемента. И все же самым редким элементом на Земле является вовсе не франций. Такой вот парадокс, и решение этого парадокса лежит за привычными и удобными рамками таблицы Менделеева. За решениями мы должны отправиться в удивительный край под названием «остров стабильности» – Новый Свет физиков-ядерщиков. Остров стабильности – своего рода Америка, на которую современные ученые-первооткрыватели возлагают большие надежды, ведь на сегодняшний день это самая удачная, если не единственная, возможность расширить границы периодической таблицы элементов.

Как известно, Вселенная на 90 % состоит из водорода. Оставшиеся 10 % составляет гелий. Все остальное вещество, включая нашу Землю массой 6 х 10^{24} кг, укладывается в статистическую погрешность. В этих миллионах миллиардов килограммов содержится ничтожное количество редчайшего элемента астата – лишь несколько десятков грамм. Чтобы хоть как-то представить эти пропорции, вообразите, что вы оставили свой «Бьюик Астат» на огромном паркинге и не можете его найти. В поисках машины вам придется пройти ряд за рядом, этаж за этажом, осматривая каждую машину. Небольшая оговорка: паркинг, на котором вам предстоит искать машину, составляет 100 миллионов парковочных мест в ширину, столько же в длину и 100 миллионов этажей в высоту. Более того, таких паркингов вам придется обойти ни много ни мало, а 160 – лишь в этом случае масштабы поиска вашей машины будут сопоставимы с поисками астата в земной коре. Вам ничего не останется, кроме как махнуть рукой и отправиться восвояси.

Поскольку астат является самым редким элементом, возникает вполне естественный вопрос: как ученым удалось его обнаружить? Дело в том, что они немного схитрили. Если в древней земной коре и был астат, он давно уже распался. Но астат в свою очередь является продуктом распада других радиоактивных элементов, которые испускают альфа- или бета-частицы. Зная общее количество исходных элементов (обычно это элементы, соседствующие с ураном в таблице Менделеева) и рассчитав вероятность появления астата в результате их распада, ученые могут назвать приблизительное количество атомов астата, существующих на Земле в любой момент времени, а также атомов некоторых других элементов. Так, например, франций, отделенный в таблице от астата лишь одной клеткой, существует на нашей планете в количестве от 550 до 850 г в любой момент времени.

Как ни странно, астат – более стабильный элемент, чем франций. Если взять миллион самых долгоживущих изотопов астата, половина из них распадётся через 400 минут. Половина такого же количества изотопов франция продержится всего-то 20 минут. Франций нестабилен настолько, что не имеет практического применения. Несмотря на то что в земной коре франций содержится в достаточном (хоть и мизерном) количестве, чтобы ученые могли напрямую его обнаружить, им никогда не удастся собрать столько атомов франция, чтобы его можно было увидеть невооруженным глазом. Если бы это все же удалось сделать, такое количество радиоактивного франция немедленно убило бы своего первооткрывателя. На сегодняшний день рекордное количество франция, полученного за один раз, составляет 10 тысяч атомов.

Получение видимого количества астата – задача, которая наверняка также останется невыполнимой. Тем не менее астат имеет важное практическое применение: его быстродействующие радиоактивные изотопы используются в медицине. Когда ученые под руководством нашего старого знакомого Эмилио Сегре впервые синтезировали астат в 1939 году, они решили изучить его свойства на морских свинках, сделав животным инъекции. В таблице Менделеева астат расположен прямо под йодом и ведет себя в организме подобно этому элементу: у морских свинок астат накапливался в щитовидной железе. Астат является единственным химическим элементом, открытие которого было подтверждено не приматами.

Странные сходства между астатом и францием начинаются с их ядер. Внутри ядер астата и франция, как и во всех других атомах, соперничают разные силы: сильные ядерные взаимодействия (силы притяжения) и электростатические силы (способные отталкивать частицы). Сильное ядерное взаимодействие – самая мощная из фундаментальных сил природы, но, как ни парадоксально, руки у нее коротки, словно тоненькие лапки огромного тираннозавра. Если частицы отдаляются друг от друга всего на несколько триллионных сантиметра, ядерные силы теряют всю свою мощь. По этой причине они редко проявляются за пределами атомных ядер и черных дыр. Но на подвластных ему небольших расстояниях эти взаимодействия в сотни раз мощнее электростатических сил. Это хорошо, поскольку они крепко удерживают протоны и нейтроны в ядре, не давая электростатическим силам разорвать атомные ядра на части.

На периферии ядер такого размера, как у франция и астата, сильное ядерное взаимодействие практически сравнивается с электростатическими силами, поэтому удержать все протоны и нейтроны в таком ядре становится очень сложно. У франция 87 протонов, и они совершенно не хотят соприкасаться друг с другом. Еще в ядре франция насчитывается порядка 130 нейтронов, которые образуют неплохой буфер между положительно заряженными частицами. Но в то же время они делают ядро столь массивным, что сильному взаимодействию не удается распространиться до самых границ и погасить центробежные силы. Именно поэтому франций (и по схожим причинам астат) являются крайне нестабильными элементами. Соответственно, логично предположить, что ядра с еще бо́льшим количеством протонов, чем у франция, должны испытывать на себе еще более мощные силы отталкивания, и более тяжелые атомы окажутся еще менее стабильными, чем франций.

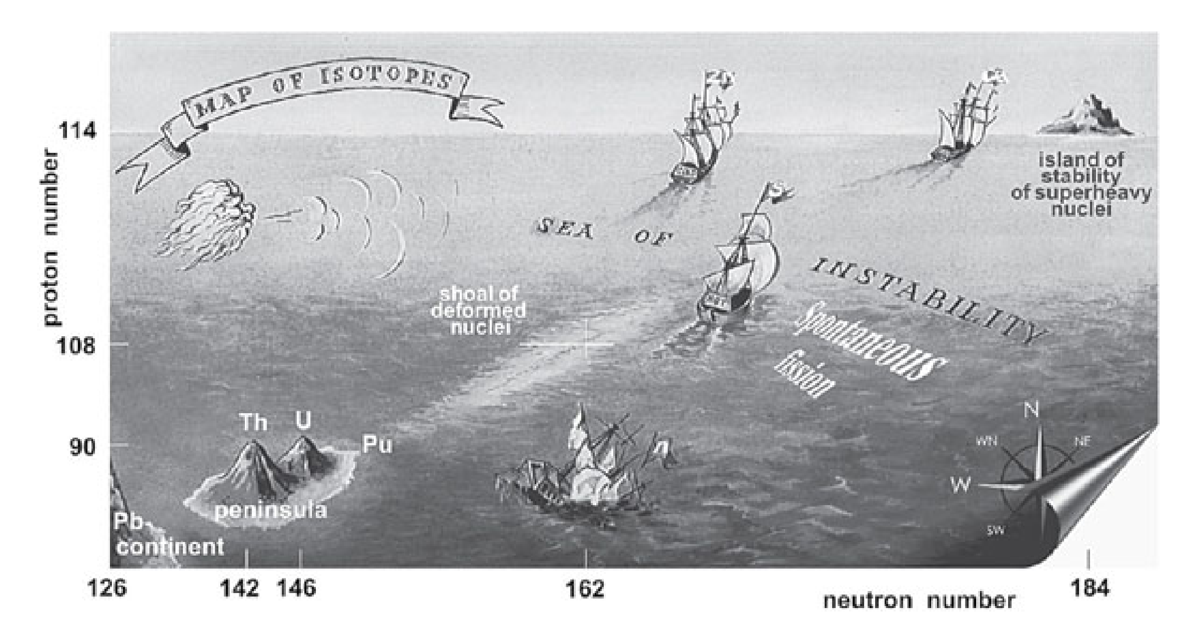
Однако это лишь отчасти верно. Вспомните Марию Гёпперт-Майер («Мать из С. Д. получила Нобелевскую премию»). Мы уже говорили о том, что она разработала теорию о долгоживущих «магических» элементах. Так она называла элементы, в атомах которых содержится два, восемь, двадцать, двадцать восемь и т. д. протонов или нейтронов. Стабильность таких элементов оказалась гораздо выше, чем у их соседей по периодической системе. Другие количества протонов и нейтронов – например, девяносто два – также образуют компактные и довольно стабильные ядра, в которых сильные взаимодействия надежно удерживают протоны вместе. Именно поэтому уран гораздо устойчивее франция и астата, хотя и тяжелее их. По мере того как мы спускаемся все ниже и ниже по периодической системе, элемент за элементом, борьба между сильными взаимодействиями и электрическими силами все сильнее напоминает резко снижающийся график биржевого тикера. На нем прослеживается общая тенденция к понижению, но в то же время возникают многочисленные флуктуации, когда берет верх то одна сила, то другая[169].

---

[169] Третья из четырех фундаментальных сил – это слабое ядерное взаимодействие, регулирующее протекание бета-распада в ядрах атомов. Интересно отметить, что франций существует какое-то время именно потому, что на фоне борьбы сильного взаимодействия и электрических сил в атоме элемента действует еще и слабое взаимодействие, немного сглаживающее эту борьбу. Четвертая фундаментальная сила – это сила тяжести (гравитация). Сильное ядерное взаимодействие в сотни раз превосходит электромагнитные силы, а электромагнитные силы в сто миллиардов раз превосходят слабое взаимодействие. В свою очередь, слабое ядерное взаимодействие в десять миллионов миллиардов раз сильнее, чем гравитация.

Исходя из этого общего принципа, ученые предположили, что срок существования элементов тяжелее урана будет асимптотически приближаться к 0,0. Но по мере того, как в 1950-е и 1960-е годы удавалось синтезировать все более тяжелые элементы, стало происходить нечто неожиданное. Теоретически магические ядра должны встречаться до бесконечности, и оказалось, что гораздо ниже урана должен располагаться элемент с условно стабильным ядром – № 114. Более того, ученые из Калифорнийского университета в Беркли вычислили, что 114-й элемент может существовать значительно дольше, чем атомы примерно десяти предшествующих ему тяжелых элементов. Учитывая, как ничтожен период полураспада изотопов этих элементов (в лучшем случае – несколько микросекунд), подобная идея казалась нелогичной и дикой. Упаковка все новых протонов и нейтронов в искусственные ядра напоминает упаковку взрывчатки: чем больше частиц в ядре, тем более сильное напряжение оно испытывает. Но казалось, что элемент № 114 должен быть исключительно стабильным для такого крупного атома. Не менее странно (как минимум на бумаге) было и то, что элементы с атомными номерами 112 и 116 также должны испытывать на себе положительное влияние близости 114-й клетки. Даже имея «почти магическое» количество протонов, они должны были обладать сравнительно высокой стабильностью. Ученые окрестили это скопление элементов «островом стабильности».

Вдохновившись собственной метафорой и ощутив себя отважными мореплавателями, ученые принялись готовиться к завоеванию этого острова. Они обсуждали поиски «Атлантиды химических элементов», а некоторые, подобно старинным мореходам, даже вычерчивали в сепии карты неизведанных ядерных морей. Казалось, никто бы не удивился, если бы эти моря кишели спрутами. Попытки достичь этого острова сверхтяжелых элементов породили одну из самых захватывающих физических дисциплин. Ученые пока не добрались до этих берегов (чтобы получить по-настоящему стабильные «дважды магические» элементы, требуется искать способы внедрения все новых нейтронов в элементы-мишени), но уже прочесывают отмели, отыскивая удобную бухту, чтобы высадиться на берег.



Причудливая карта легендарного «острова стабильности» – области сверхтяжелых элементов. Ученые надеются, что этот «остров» позволит им значительно расширить границы

Чтобы представить себе масштабы этих соотношений, вспомните приведенный выше пример, описывающий низкую распространенность астата. Сила гравитации доминирует в нашей повседневной жизни исключительно потому, что сильные и слабые ядерные взаимодействия имеют крошечный радиус, а соотношение протонов и нейтронов вокруг нас достаточно равное, чтобы почти полностью нивелировать электромагнитные силы.

современной таблицы Менделеева. В левом нижнем углу – символ свинца (Pb), край основной, «континентальной», части периодической системы. Он отделен проливом нестабильных элементов от острова, где высятся условно стабильные пики тория и урана. Далее открывается бескрайнее море. Автор карты – Юрий Цолакович Оганесян, работающий в Объединенном институте ядерных исследований (Дубна*)*

Неудивительно, что перед «островом стабильности» раскинулась область очень неустойчивых элементов, примерно в центре которой находится франций. Восемьдесят седьмой элемент находится между магическим ядром № 82 и условно стабильным ядром № 92. Поэтому некоторые нейтроны и протоны франция постоянно «норовят выпрыгнуть» из атома и отправиться в свободное плавание. На самом деле, из-за крайне непрочной структуры ядра франций не только является самым нестабильным элементом, встречающимся в природе, но и уступает по стабильности даже всем искусственно полученным элементам вплоть до сто четвертого – резерфордий. Если правомерно

выделить на карте такой «пролив нестабильности», то франций будет пускать пузырьки с самого его дна.

Однако франций в природе встречается чуть чаще, чем астат. Почему? Дело в том, что многие радиоактивные элементы, расположенные вокруг урана, на том или ином промежуточном этапе распада превращаются во франций. А что же франций? Вместо того чтобы подвергаться обычному альфа-распаду и в результате (потеряв два протона) превращаться в астат, этот атом более чем в 99,9 % случаев облегчает свое перегруженное ядро, претерпевая бета-распад, и становится радием. Затем радий проходит целый ряд стадий альфа-распада, минуя астат. Иными словами, механизм радиоактивного распада многих нестабильных атомов на клетке франция немного пробуксовывает – именно поэтому количество франция в земной коре измеряется несколькими сотнями граммов. В то же время франций не позволяет своим атомам превращаться в астат, из-за чего астат является еще более редким. Загадка решена.

Итак, с проливом разобрались, а что же с «островом стабильности»? Весьма маловероятно, что химикам удастся синтезировать все возможные элементы вплоть до очень крупных магических ядер. С другой стороны, возможно, все же удастся получить элемент № 114, затем № 126 и продолжать путь к «острову» уже оттуда. Некоторые ученые полагают, что при добавлении электронов к сверхтяжелым ядрам стабильность таких атомов может повыситься. Возможно, электроны будут действовать как пружины и амортизаторы, впитывая ту энергию, которую атомы обычно тратят на саморазрушение. Если эта гипотеза подтвердится, возможно, будут синтезированы и элементы после 140-го, 160-го и 180-го номеров. «Остров стабильности» превратится в архипелаг-цепочку. Такие стабильные «острова» будут отстоять все дальше друг от друга. Но, возможно, ученые смогут постепенно преодолевать эти огромные расстояния в новом периодическом архипелаге – как полинезийцы на своих лодках осваивали Океанию.

Самое интересное заключается в том, что эти новые элементы не будут просто утяжеленными аналогами известных сегодня элементов, а могут обладать совершенно новыми свойствами (вспомните, как сильно свинец отличается от кремния и углерода). Согласно некоторым расчетам, если электроны смогут укротить сверхтяжелое ядро и повысить его стабильность, то и ядро сможет управлять электронами. В таком случае электроны, возможно, начнут заполнять оболочки и орбитали атома в необычном порядке. Элемент, который согласно периодическому закону должен проявлять свойства тяжелого металла, может слишком рано заполнить свои орбитали; в таком случае получится элемент типа металлического благородного газа.

Не хотелось бы гневить богов, но ученые уже придумали названия для этих гипотетических элементов. Вероятно, вы заметили, что тяжелые элементы в самом низу таблицы имеют трехбуквенные, а не двухбуквенные обозначения, причем все они начинаются с и. Опять же, все дело во влиянии древнегреческого и латыни. Еще не открытый элемент 119 Uue называется «унунений», сто двадцать второй элемент Ubb – унбибий и т. д.[170] Эти элементы получат «настоящие» названия лишь после того, как их удастся синтезировать, но пока ученые могут просто «пометить» их латинскими словами-формулами – и не только их, но и другие элементы, вызывающие наибольший интерес, например, магическое ядро 184, названное «уноктквадий». (И слава богу! Прямо на наших глазах отмирает привычная двухчастная классификация видов в биологии – та самая, в которой домашняя кошка называется *Felis catus.* На смену ей приходят хромосомные обозначения ДНК, напоминающие штрихкоды. Прощай, *Homo sapiens,* человек разумный, здравствуй ТЦАТЦГГТЦАТТГГ… Таким образом, элементы на «у-» остаются одним из последних бастионов латыни в науке – там, где этот язык некогда доминировал[171].)

Итак, как далеко может зайти подобное путешествие с острова на остров? Доведется ли нам наблюдать пики маленьких вулканов, теряющиеся далеко в бесконечности за границами периодической системы, и называть их какими-нибудь протяжными именами вроде э-э-э-э-э…энний, элемент № 999? *Увы, нет.* Даже если ученые найдут способ склеивания сверхтяжелых элементов и смогут бросить якорь на очень далеких «островках стабильности», то их, образно выражаясь, практически сразу смоет в бушующий атомный океан.

Чтобы понять причину, вернемся к рассказу об Альберте Эйнштейне и к той величайшей ошибке, которую он совершил в своей научной карьере. Несмотря на распространенное мнение поклонников Эйнштейна, он получил Нобелевскую премию по физике отнюдь не за Специальную или Общую теорию относительности. Награда была присуждена Эйнштейну за объяснение странного квантово-механического явления, которое называется фотоэлектрическим эффектом. Он одним из первых доказал, что квантовая механика – не просто неуклюжая система допущений, призванная обосновать непостижимые эксперименты, а самая настоящая реальность, пусть и необычная. Тот факт, что именно Эйнштейн объяснил явление фотоэффекта, можно назвать иронией судьбы сразу по двум причинам. Во-первых, с возрастом Эйнштейн становился все придирчивее и постепенно стал воспринимать квантовую механику с изрядным скептицизмом. Ее статистическая и глубоко вероятностная природа слишком напоминала Эйнштейну азартные игры, именно поэтому он однажды произнес свой знаменитый афоризм «Бог не играет в кости». Эйнштейн был неправ, и как жаль, что большинство людей так и не услышали фразу, которую в ответ произнес Нильс Бор: «Эйнштейн, прекратите указывать Богу, что ему делать».

Во-вторых, Эйнштейн всю жизнь пытался согласовать квантовую механику и теорию относительности в непротиворечивую и стройную «теорию всего», но это ему не удалось. Правда, кое-что получилось. Иногда при столкновении двух теорий они блестяще допол-

---

[170] На протяжении долгих десятилетий физики старательно синтезировали все новые сверхтяжелые элементы, атом за атомом. Но в 2008 году израильские ученые объявили, что им удалось выделить элемент № 122, воспользовавшись традиционным химическим методом. Эти исследователи (группа под руководством Амнона Маринова) несколько месяцев кряду просеивали естественные образцы тория, после чего заявили, что получили некоторое количество атомов сверхтяжелого элемента № 122, расположенного в таблице Менделеева ровно на период ниже тория. Самый невероятный аспект этого предприятия заключался даже не в том, что новый элемент удалось получить старомодным способом, а в том, что, по данным израильтян, новый элемент обладает периодом полураспада более 100 миллионов лет! Это казалось настолько невероятным, что многие ученые подозрительно отнеслись к такому открытию. Аргументы в пользу его подлинности становятся все слабее, но по состоянию на конец 2009 года израильская группа не отказалась от своего заявления.

[171] Говоря об упадке латыни в разных областях науки, но не в таблице Менделеева, интересно отметить следующий факт. Когда в 1984 году группе исследователей из ФРГ удалось получить элемент № 108, немцы решили дать ему название «хассий» в честь латинского названия земли Гессен в Германии. Латинское название показалось им более предпочтительным, чем, например, «дойчландий».

няют друг друга: релятивистские уточнения скорости электрона помогли понять, почему ртуть (мой любимый химический элемент) при комнатной температуре является жидкостью, а не твердым веществом. Нам бы никогда не удалось создать элемент № 99, эйнштейний, если бы мы не знали обеих этих теорий. Но в целом идеи Эйнштейна о силе тяжести, скорости света и относительности не вполне согласуются с квантовой механикой. В некоторых ситуациях, где две эти теории вступают в плотный контакт – например, в черных дырах, – рушатся любые причудливые уравнения.

Возможно, это столкновение теорий и знаменует предел периодической системы. Вновь обратимся к аналогии между электронами и планетами. Как известно, Меркурий совершает оборот вокруг Солнца всего за три земных месяца, а у Нептуна на это уходит 165 земных лет. Так и электроны, расположенные на внутренних атомных оболочках, вращаются вокруг ядра гораздо быстрее, чем электроны внешних оболочек. Точная скорость электрона зависит от отношения количества протонов в ядре к постоянной тонкой структуры альфа, рассмотренной в предыдущей главе. По мере того как это отношение приближается к единице, скорость электрона становится все ближе к скорости света. Но не забывайте, что, по современным расчетам, значение постоянной тонкой структуры составляет около 1/137. Если в атоме элемента будет более 137 протонов, скорость вращения его электронов должна превысить скорость света – а согласно теории относительности Эйнштейна, это невозможно.

Итак, гипотетический элемент № 137 должен оказаться последним. Ему уже придумали название «фейнманий» – в честь знаменитого физика Ричарда Фейнмана, впервые указавшего на этот предел. Кстати, именно Фейнман назвал константу альфа «одной из величайших проклятых тайн физики» – теперь вы понимаете почему. После того как неукротимая сила квантовой механики врежется в неподвижную теорию относительности, одна из этих сил должна будет уступить. Никто не знает какая.

Некоторые физики, всерьез воспринимающие возможность путешествий во времени, полагают, что в теории относительности может быть лазейка, позволяющая особым (недоступным для наблюдения) частицам, тахионам, двигаться быстрее скорости света, которая составляет около 300 000 километров в секунду. Вся загвоздка, связанная с тахионами, заключается в том, что они, возможно, движутся против хода времени – то есть в прошлое. Поэтому, если когда-нибудь химикам удастся синтезировать «фейнманий-плюс-один» – унтриоктий, не устремятся ли его внутренние электроны в прошлое, пока остальная часть атома будет оставаться в нашем времени? Вероятно, нет. Гораздо логичнее предположить, что скорость света жестко ограничивает предельный размер атома и просто уничтожает все возникающие за фейнманием «островки стабильности», точно как в 1950-е годы атомная бомба стерла с лица земли коралловые атоллы.

Означает ли это, что периодическая таблица вскоре закончится? Станет застывшей и неизменной, как окаменелость?

Нет, нет и еще раз нет.

* * *

Если на Земле когда-нибудь высадятся инопланетяне, это еще совершенно не значит, что мы сможем с ними поговорить. Дело далеко не ограничивается тем фактом, что никто из них не знает слова «Земля» и не сможет его произнести. Общение инопланетян может происходить при помощи феромонов или световых импульсов, а не звуков. Кроме того, если учесть маловероятную возможность их неуглеродного происхождения, инопланетяне могут оказаться весьма ядовитыми. Даже если мы сможем войти с ними в контакт, наши основные ценности – любовь, боги, уважение, семья, деньги, мир – могут оказаться для них совершенно непостижимы. Те немногие вещи, которые мы сможем им предложить и рассчиты-

вать, что пришельцы их поймут, – это числа, например л, и периодическая система элементов.

Разумеется, речь идет о ***законах*** периодической системы, поскольку привычная нам таблица, напоминающая замок с двумя башнями и изображенная на форзаце любого учебника по химии, – это лишь один из возможных способов организации химических элементов. Когда в школе учились наши бабушки и дедушки, таблица Менделеева мало напоминала современную – в ней было всего восемь столбцов. Она больше походила на календарь: длинные последовательности переходных металлов заверстывались в ней на новую строку, подобно тому как в месяцах года иногда в отдельный столбик записывают 30-е или 31-е число. Более того, многие пытались уложить лантаноиды в основной части таблицы, и из-за этого возникала полная неразбериха.

Никто не пытался дать переходным металлам чуть больше места, пока Гленн Сиборг и его коллеги все из того же Калифорнийского университета в Беркли не перерисовали всю периодическую систему. Эта работа продолжалась с конца 30-х до начала 60-х годов. Дело было не только в том, что в таблицу добавлялись новые элементы. Сиборг с коллегами осознали, что некоторые элементы, например актиний, не вписываются в привычную схему. Опять же, может показаться странным, но в те времена многие ученые воспринимали периодический закон не слишком серьезно. Они полагали, что лантаноиды и их странная химия представляют собой серию странных исключений из строгих правил периодической системы, что ниже лантаноидов уже не окажется элементов, которые прячут лишние электроны у себя в оболочках и из-за этого совершенно не похожи по свойствам на обычные переходные металлы. Но химия лантаноидов повторилась. Иначе и не могло быть: ведь в этом заключается категорический императив химической науки, ***то самое*** свойство элементов, которое будет понятно даже инопланетянам. Они распознали бы это свойство не менее уверенно, чем Сиборг. Он впервые обратил внимание на то, какой необычной химией обладают металлы, следующие в таблице за актинием, элементом № 89.

Актиний сыграл ключевую роль в придании периодической системе элементов ее современных очертаний. Сиборг с коллегами решили извлечь из таблицы все известные на тот момент тяжелые элементы (сегодня называемые «актиноидами») и вынести их в отдельную строку под основной частью таблицы. За счет освободившегося места переходные металлы получили дополнительное пространство. Их больше не располагали в виде треугольников, а выстраивали в виде дополнительных столбцов – таких новых столбцов получилось 10. Такой вариант таблицы оказался настолько удобен, что многие ученые приняли новую сиборговскую модель. Потребовалось некоторое время, чтобы избавиться от ретроградов, не желавших отказываться от старой таблицы. Только в 1970 году периодический календарь окончательно уступил место периодическому замку – настоящему брустверу современной химии.

Но никто не утверждает, что такая форма таблицы идеальна. Столбчатый вариант оставался преобладающим со времен Менделеева, но сам Менделеев разработал около тридцати разных начертаний периодической системы, а к 1970 году набралось уже более семисот вариантов. Некоторые химики предпочитают отсекать одну из башен замка и приставлять ее к башне с другой стороны, так что таблица начинает смахивать на аляповатую лестницу. Другие возятся с гелием и водородом, расставляя их по разным углам таблицы. Таким образом они пытаются подчеркнуть, что эти элементы, у которых нет октета электронов, обладают весьма необычными химическими свойствами.

На самом деле, стоит только начать экспериментировать с формой периодической системы, как понимаешь, что варианты далеко не ограничиваются прямоугольными конту-

рами[172]. Например, одна из интересных современных таблиц напоминает соты, где шестиугольные поля с элементами разворачиваются по спирали все дальше и дальше. Водород находится в центре такой схемы. Астрономам и астрофизикам нравится начертание, в котором водородное «Солнце» располагается в центре схемы, а вокруг него, как по орбитам, «вращаются» остальные элементы, напоминающие планеты и спутники. Биологи вычерчивают периодическую систему в виде спирали, похожей на ДНК, а самые увлеченные экспериментаторы выполняли таблицу даже по принципу настольной игры парчиси: столбцы и ряды записываются сразу по обе стороны листа, заверстываясь за край страницы. В США был даже выдан патент на игрушку-пирамидку, собираемую по принципу кубика Рубика, на вращающихся гранях которой изображены символы элементов.

Люди с музыкальными склонностями наносили элементы на нотный стан, а наш старый знакомый Уильям Крукс, любитель-спиритист, придумал два замечательных и причудливых варианта периодической системы: один в форме лютни, другой – в виде кренделя. Мне очень нравятся таблицы-пирамиды. Они расширяются от вершины книзу и наглядно демонстрируют, как возникают новые орбитали и как все большее количество элементов аккуратно вписывается в общую систему. Еще мне нравится вариант «в разрезе», который закручивается в середине. Изобразить его я бы не смог, могу только сказать, что он похож на ленту Мёбиуса.

Более того, сегодня начертания периодической системы вышли из плоскости и перестали быть двухмерными. Отрицательно заряженные антипротоны, которые Эмилио Сегре открыл в 1955 году, образуют гармоничное единство с антиэлектронами (позитронами). Из этих частиц уже удалось получить атомы антивещества – например, антиводород. Теоретически каждому элементу может соответствовать свой «антиэлемент», не исключена и возможность существования целой периодической таблицы антиэлементов. Такую зазеркальную таблицу мы можем только представить, но уже в наше время ученые исследуют новые формы материи, которые, возможно, позволят открыть сотни и даже тысячи новых «элементов».

Во-первых, существуют суператомы. Эти скопления, включающие в себя от восьми до ста атомов одного элемента, обладают сверхъестественной способностью «притворяться» отдельными атомами других элементов. Например, если правильно сгруппировать тринадцать атомов алюминия, они начинают проявлять такие же свойства, как ядовитый бром. В химических реакциях атом брома и такое скопление атомов алюминия совершенно неразличимы. Этому поразительному сходству не мешает даже то, что такое скопление в тринадцать раз крупнее атома брома, а алюминий не имеет ничего общего со столбцом ядовитых галогенов-лакриматоров. Другие скопления атомов алюминия напоминают по свойствам атомы благородных газов, полупроводники, кальций и иные элементы, расположенные в совершенно других областях периодической системы.

Описанный механизм работает так. Атомы упорядочиваются в виде многогранника, в котором каждый атом «имитирует» протон или нейтрон коллективного ядра. Электроны в такой структуре могут свободно перемещаться внутри ядерного пузыря, и все атомы совместно пользуются электронами. Ученые придумали для обозначения такого состояния вещества немного иронический термин «желий» (от слова «желе»). В зависимости от формы многогранника и от количества в нем граней и углов желий может выдавать в общее поль-

[172] Интересно упомянуть об одном новаторском способе представления периодической системы, пусть и традиционном по форме. В Оксфорде стали ездить автобусы и такси, на бортах которых изображены столбцы периодической системы. От шин до крыши они усыпаны клеточками с элементами, выполненными в основном в пастельных тонах. Проект спонсируется Оксфордским научным парком. См. http://www.oxfordinspires.org/newsfromImageWorks.htm.Кроме того, на сайте http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/vyhledav/chemici2.html можно найти варианты таблицы Менделеева более чем на 200 различных языках, в том числе на мертвых, например коптском и древнеегипетском.

зование большее или меньшее количество электронов. Если наберется семь таких электронов, кластер будет проявлять свойства брома, то есть галогена. Если четыре – желий напоминает по свойствам кремний, полупроводник. Атомы натрия также могут объединяться в желий и «подражать» другим элементам. Вполне возможно, что и многие другие элементы могут имитировать совершенно иные элементы, и вообще все элементы могут имитировать все другие элементы, и так далее, до полной неразберихи. Эти открытия наталкивают ученых на разработку параллельных периодических систем, в которых нашлось бы место для классификации всех подобных экзотических образований. Новые таблицы можно сравнить с полупрозрачными иллюстрациями из старинных анатомических атласов, которые нужно накладывать на «скелет» – таблицу Менделеева.

Впрочем, даже такие странные образования, как желий, по крайней мере, напоминают обычные атомы. Но есть и еще один способ углубления периодической таблицы. В физике существует понятие «квантовая точка». Ее можно сравнить с голографическим или виртуальным атомом, который тем не менее подчиняется всем законам квантовой механики. Квантовые точки получаются из разных элементов, однако наиболее легко получать их из индия. Это серебристый металл, дальний родственник алюминия. Он расположен прямо на границе между металлами и полупроводниками.

Для создания квантовой точки ученым требуется сконструировать крошечную колонну, едва различимую глазом. По виду она напоминает знаменитую Башню Дьявола[173]. Подобно геологическому монолиту, такая микроскопическая «башня» состоит из слоев. Снизу вверх в ней укладываются следующие вещества: полупроводник, тонкий изолирующий слой (керамика), индий, более толстый слой керамики и металлическая верхушка. На верхушку подается положительный электрический заряд, притягивающий электроны. Электроны устремляются вниз, пока не достигают изолятора, который для них обычно непроницаем. Однако если изолятор достаточно тонок, то электрон (который на фундаментальном уровне представляет собой просто волну) включает какую-то квантово-механическую магию и «туннелирует» прямиком к индию.

В этот момент ученые отключают электричество, перехватывая улетевший электрон. Атомная решетка индия такова, что электроны могут свободно перемещаться между атомами, однако поглощение электрона атомом здесь случается сравнительно редко. Электрон словно парит над слоем атомов, мобильный, но дискретный, и если слой индия достаточно тонок и узок, то порядка тысячи атомов индия объединяются и действуют как единое целое, совместно используя захваченный электрон. Возникает некий суперорганизм. Если внедрить в квантовую точку два или более электронов, то внутри индия они примут противоположные спины и рассредоточатся по гигантским орбиталям и оболочкам. Сказать, что это странно, – ничего не сказать. Фактически мы получаем колоссальные атомы, подобные тем, что образуются в конденсате Бозе – Эйнштейна, но без тех хлопот, которые связаны с охлаждением субстанции до миллиардной доли градуса выше абсолютного нуля. Причем такие опыты – отнюдь не забава, оторванная от реальности. Квантовые точки демонстрируют невероятный потенциал для создания квантовых компьютеров нового поколения. Ученые получают возможность управлять отдельными электронами и совершать вычисления с их помощью. Это гораздо более быстрая и чистая техника, чем прокачка миллиардов электронов через полупроводниковые интегральные схемы Джека Килби, сконструированные в середине прошлого века.

Периодическая система также преобразится под влиянием исследований, связанных с квантовыми точками. Эти точки настолько плоские, что и форма электронных оболочек в них очень своеобразная. В настоящий момент представляется, что периодическая система

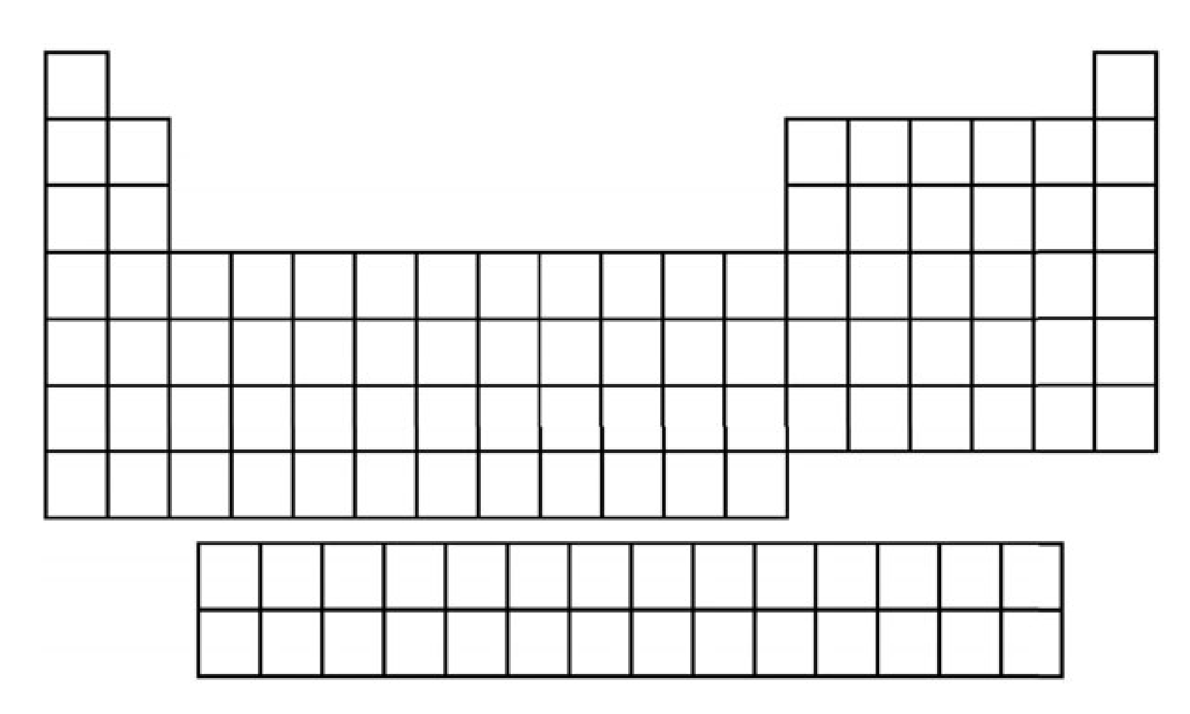
---

[173] Магматическая монолитная скала, по форме напоминающая колонну. – *Прим. пер*

плоских элементов значительно отличается от той, которая известна нам сегодня. Во-первых, она более узкая, так как в ней правило октетов не соблюдается. Электроны заполняют оболочки быстрее, между инертными благородными газами насчитывается меньше элементов. Тем не менее многие квантовые точки весьма бурно реагируют друг с другом, вступая во взаимодействия и образуя… ну, кто их знает, что они образуют. В отличие от суператомов, никаких аналогий между «элементами» из квантовых точек и обычными элементами провести не удается.

Завершая книгу, следует признать, что сиборговская таблица, напоминающая замок с двумя башнями, укрепленный двумя рвами из лантаноидов и актиноидов, еще долгие годы будет красоваться в кабинетах химии. Это очень наглядная схема, по которой удобно и легко учиться. Но мне хотелось бы устыдить издателей учебников по химии: сиборговскую таблицу читатель зачастую видит уже на обложке, но почти никто из издателей хотя бы на заднем форзаце не готов напечатать еще несколько не менее наглядных и наводящих на размышление вариантов таблицы. Объемные фигуры, теснящиеся на странице, сближающие, казалось бы, совершенно разные элементы, стимулируют воображение. Я очень хотел бы пожертвовать хотя бы тысячу долларов какой-нибудь некоммерческой группе энтузиастов, которые не покладая рук выдумывали бы все новые варианты таблицы, какие только можно себе представить. Современная периодическая таблица долго и исправно служила нам, но, если удастся по-новому представить и начертить ее, это будет великое достижение для всего человечества (или как минимум его части). Более того, если когда-нибудь нас посетят инопланетяне, они по достоинству оценят нашу изобретательность, изучив такую схему. А если пофантазировать как следует – кто знает, вдруг они найдут среди наших таблиц тот вариант, который будет им знаком.

Не исключено, конечно, что старый добрый замок с башнями восхитит пришельцев своей изумительной и чистой простотой. Возможно, несмотря на все альтернативные варианты расположения элементов и все знания о суператомах и квантовых точках, которыми может обладать инопланетная цивилизация, они увидят в нашей периодической таблице что-то новое. Мы будем рассказывать им, как читать различные уровни информации, заложенные в таблицу Менделеева, а они – восторженно свистеть (или издавать другие сигналы), поражаясь тому, как красиво людям удалось расставить все химические элементы в такой наглядной периодической таблице.



Благодарности

Прежде всего я хотел бы поблагодарить самых близких людей – моих родителей, которые привили мне страсть к писательству, а когда я увлекся этим, никогда не требовали объяснять, что я планирую делать в будущем. Мою любимую Паулу, которая никогда не оставляла меня. Моих брата и сестру – Бена и Бекку, которые научили меня безобразничать. Всех моих друзей и близких из Южной Дакоты и с малой родины, которые поддерживали меня и помогли выйти в люди. Наконец, искренне благодарю всех моих учителей и университетских преподавателей, которые первыми рассказали мне разнообразные истории, изложенные на страницах этой книги, даже не представляя, насколько ценны для меня эти сюжеты.

Кроме того, хочу поблагодарить моего литературного агента Рика Броудхеда, который оценил замысел книги и согласился, что я – тот человек, который сможет ее написать.

Также должен поблагодарить тех многих и многих людей, которые помогли мне в написании отдельных глав и сюжетов, дополняя подробностями мои истории, помогая мне находить информацию либо просто любезно соглашаясь уделить мне время и разъяснить те или иные моменты. Особо хочу отметить Стефана Фаянса; Теодора Грея, сотрудника сайта periodictable.com, Барбару Стюарт из компании «Алкоа», Джима Маршалла из университета Северного Техаса, Эрика Скерри из Калифорнийского университета (Лос-Анджелес), Криса Рида из Калифорнийского университета (Риверсайд), Надю Изаксон; отдел информационного обеспечения организации Chemical Abstracts Service, а также всех сотрудников естественно-научного отдела Библиотеки

Конгресса. Если кого-то забыл – прошу прощения; вам я тоже искренне благодарен и очень сожалею, что не назвал вас.

Наконец, выражаю особую благодарность Дмитрию Ивановичу Менделееву, Юлиусу Лотару Мейеру, Джону Ньюлендсу, Александру Эмилю де Шанкутруа, Уильяму Одлингу, Густавусу Хинриксу и всем остальным ученым, которые приложили руку к созданию периодической системы элементов, а также тысячам и тысячам тех, чей вклад в науку позволил появиться всем этим увлекательным историям о химических элементах.

Библиография

Ниже перечислены далеко не все источники, которыми я пользовался при подготовке этой книги. Немало указаний на другие работы вы найдете в примечаниях. Здесь я просто перечислил лучшие, на мой взгляд, научно-популярные книги по химии для широкого круга читателей.

Patrick Coffey. Cathedrals of Science: The Personalities and Rivalries That Made Modern Chemistry. Oxford University Press, 2008.

John Emsley. Natures Building Blocks: An A-Z Guide to the Elements. Oxford University Press, 2003.

Sheilla Jones. The Quantum Ten. Oxford University Press, 2008.

T. R. Reid. The Chip: How Two Americans Invented the Microchip and Launched a Revolution. Random House, 2001.

Richard Rhodes. The Making of the Atomic Bomb. Simon & Schuster, 1995.

Сакс Оливер. Пробуждения. М.: АСТ, 2014.

Eric Scerri. The Periodic Table. Oxford University Press, 2006.

Glenn Seaborg and Eric Seaborg. Adventures in the Atomic Age: From Watts to Washington. Farrar, Straus and Giroux, 2001.

Tom Zoellner. Uranium. Viking, 2009.

Периодическая система элементов

1 H 1.008																	2 He 4.003
3 Li 6.941	4 Be 9.012											5 B 10.812	6 C 12.011	7 N 14.007	8 O 15.999	9 F 18.998	10 Ne 20.180
11 Na 22.990	12 Mg 24.305											13 Al 26.982	14 Si 28.086	15 P 30.974	16 S 32.066	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948
19 K 39.098	20 Ca 40.078	21 Sc 44.956	22 Ti 47.861	23 V 50.941	24 Cr 51.996	25 Mn 54.938	26 Fe 55.845	27 Co 58.993	28 Ni 58.693	29 Cu 63.546	30 Zn 65.384	31 Ga 69.723	32 Ge 72.641	33 As 74.922	34 Se 78.963	35 Br 79.904	36 Kr 83.798
37 Rb 85.468	38 Sr 87.621	39 Y 88.906	40 Zr 91.224	41 Nb 92.906	42 Mo 95.942	43 Tc 98.906	44 Ru 101.072	45 Rh 102.905	46 Pd 106.421	47 Ag 107.868	48 Cd 112.412	49 In 114.818	50 Sn 118.711	51 Sb 121.760	52 Te 127.603	53 I 126.904	54 Xe 131.294
55 Cs 132.905	56 Ba 137.327	57-71	72 Hf 178.492	73 Ta 180.948	74 W 183.841	75 Re 186.207	76 Os 190.233	77 Ir 192.217	78 Pt 195.085	79 Au 196.967	80 Hg 200.592	81 Tl 204.383	82 Pb 207.2	83 Bi 208.980	84 Po 209	85 At 210	86 Rn 222
87 Fr 223	88 Ra 226	89-103	104 Rf (267)	105 Db (268)	106 Sg (271)	107 Bh (270)	108 Hs (277)	109 Mt (276)	110 Ds (281)	111 Rg (280)	112 Cn (285)	113 Uut (284)	114 Uuq (289)	115 Uup (288)	116 Uuh (293)	117 Uus (294)	118 Uuo (294)

57 La 138.905	58 Ce 140.116	59 Pr 140.908	60 Nd 144.242	61 Pm 145.0	62 Sm 150.362	63 Eu 151.964	64 Gd 157.253	65 Tb 158.925	66 Dy 162.500	67 Ho 164.930	68 Er 167.259	69 Tm 168.934	70 Yb 173.043	71 Lu 174.967
89 Ac 227	90 Th 232.038	91 Pa 231.036	92 U 238.029	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)